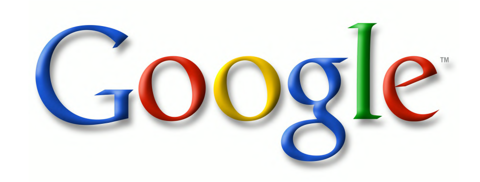
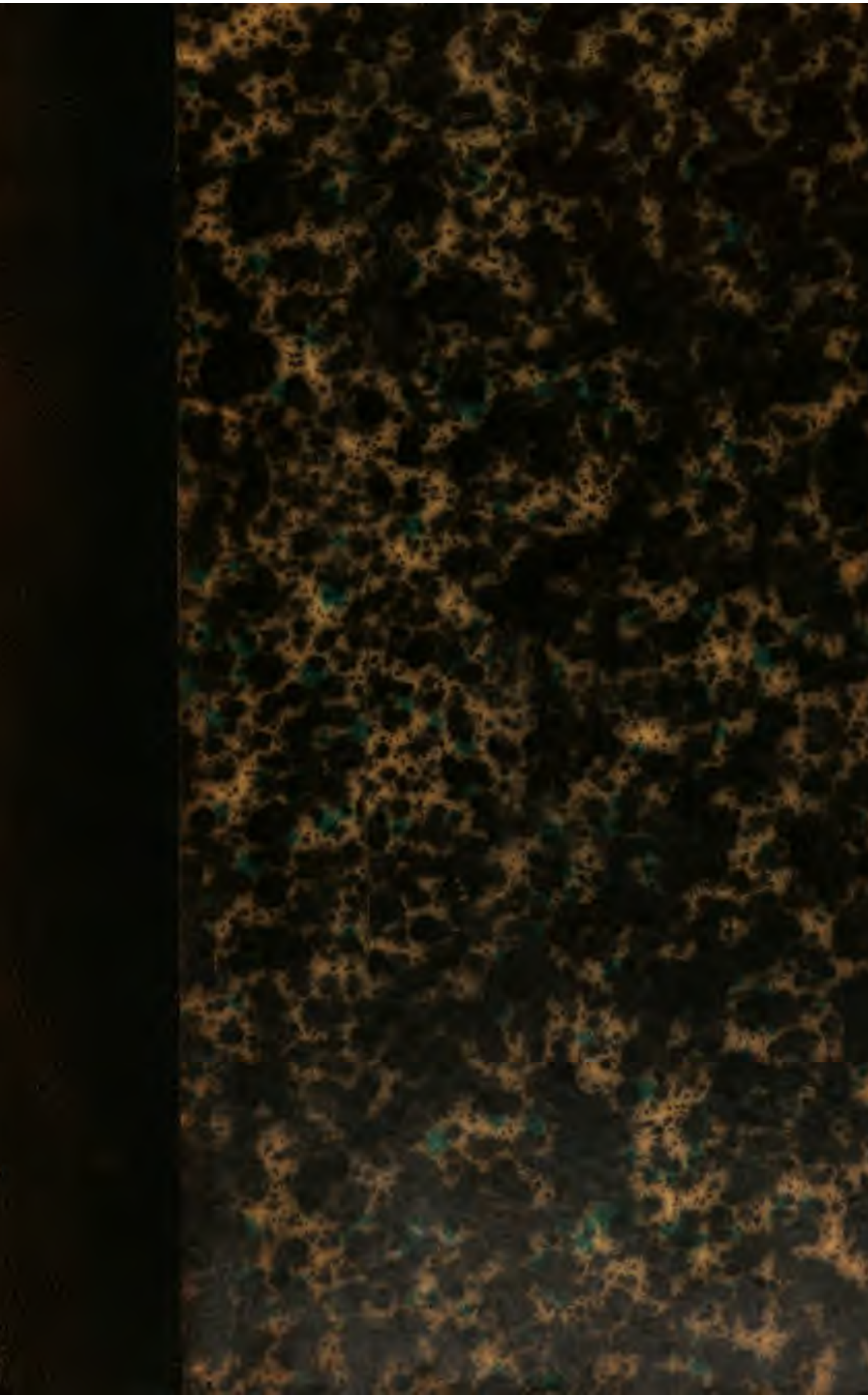
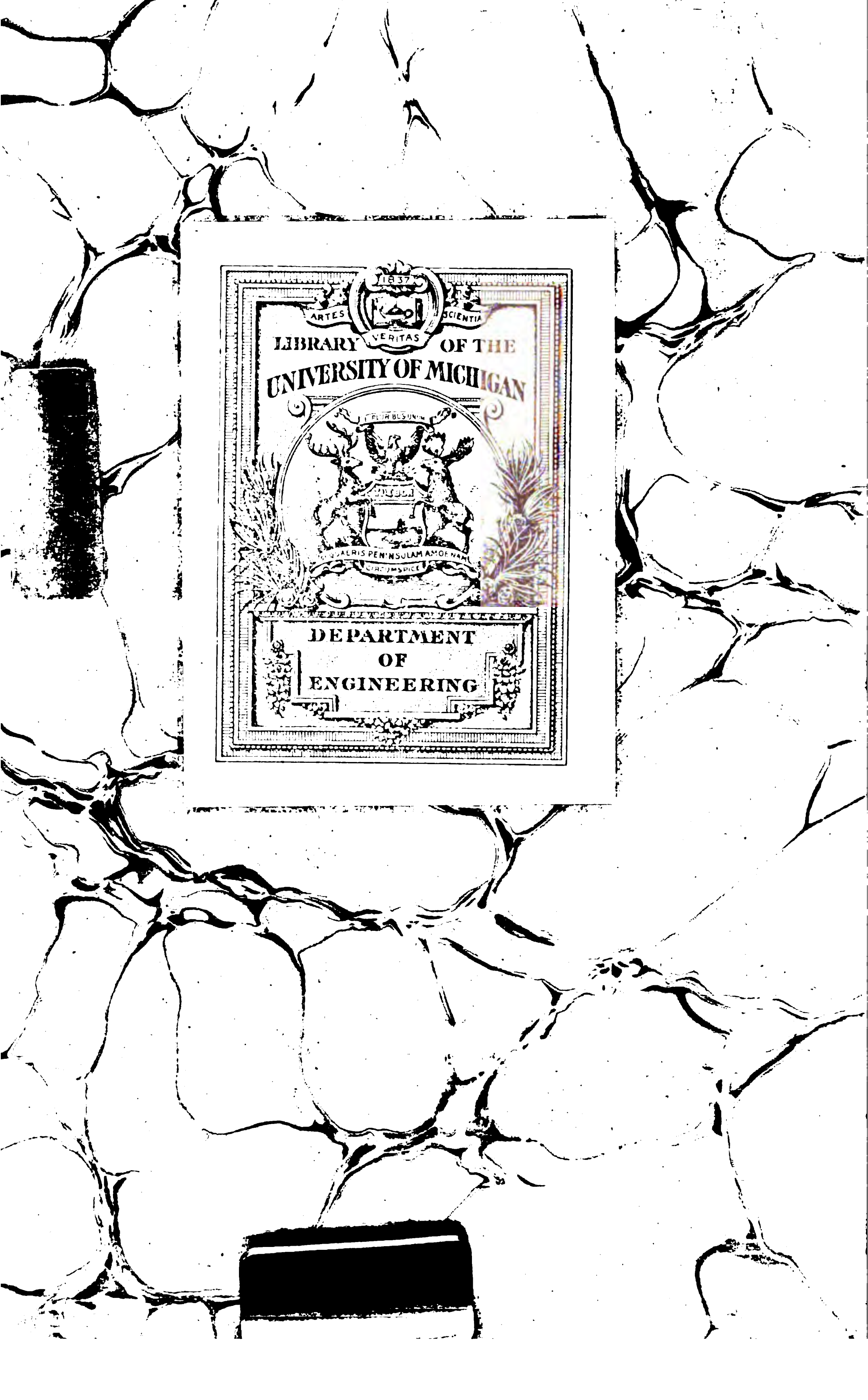





1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1897

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le ***Bulletin***.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1897

PREMIER VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1897

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1897

N° 1

Sommaire des séances du mois de janvier 1897 :

1° *Installation des membres du Bureau et du Comité. — Discours de MM. L. Molinos et E. Lippmann* (Séance du 15 janvier), pages 8 et 13;

2° *Mines de houille du Tonkin* (Les). Observations de M. P. Regnard (Séance du 15 janvier), page 27;

3° *Décès* de MM. Maurice Franck et John Aylmer (Séances des 15 et 22 janvier), pages 27 et 31;

4° *Décorations* (Séances des 15 et 22 janvier), pages 27 et 31;

5° *Nominations :*

De MM. L.-A. Liébaut et A. Parent, comme membres du Conseil supérieur du travail (Séance du 15 janvier), page 27;

De M. L.-Ch. Frémont, comme membre de la Commission d'essai des matériaux (Séance du 15 janvier), page 27;

De M. P. Boubée, comme président, pour l'année 1897, du Collegio degl' ingegneri ed architetti di Napoli (Séance du 15 janvier), page 27;

De MM. A. Cottrau, comme membre du Conseil supérieur de l'Industrie et du Commerce du royaume d'Italie (Séance du 15 janvier), page 27;

De MM. A. de Madrid-Davila, comme président de la Société des Ingénieurs industriels de Barcelone (Séance du 22 janvier), page 31;

6° *Prix décernés par l'Académie des Sciences :*

M. G. Darrieus, prix de 1 000 f (Séance du 15 janvier), page 27;
M. E. Cacheux, prix Montyon (Séance du 15 janvier), page 28;
M. L.-Ch. Frémont, prix Trémont (Séance du 15 janvier), page 28;

7° *Médaille d'or, décernée par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, décernée à MM. L.-A.-E. Durant et A. Lencauchez* (Séance du 15 janvier), page 28;

8° *Nominations de membres des Comités départementaux* (Séances des 15 et 22 janvier), pages 28 et 31;

9° *Nomination de MM. E. Marchand et J. Périchon au grade de Bey* (Séance du 22 janvier), page 31;

10° *Nomination des membres du bureau de la Chambre de Commerce* (Séance du 22 janvier), page 31;

11° *Exposition internationale d'hygiène, d'alimentation et d'art industriel* (Séance du 15 janvier), page 28;

12° *Exposition-hôtel, à Nice* (Séance du 15 janvier), page 28;

13° *Exposition internationale, à Bruxelles* (Séance du 15 janvier), page 28;

14° *Office de renseignements techniques par la Société Industrielle du nord de la France* (Création d'un) (Séance du 15 janvier), page 28;

15° *Travaux publics à exécuter à l'étranger. Communiqués du Ministère du Commerce et de l'Industrie* (Séance du 15 janvier), page 29;

16° *Don volontaire de 244,60 f et lettre de M. Ed. Simon* (Séance du 15 janvier), page 29;

17° *Lettres de MM. de Witté et prince Chilkoff* (Séance du 15 janvier), page 29;

18° *Télégrammes des Ingénieurs russes et réponse de M. L. Molinos, président* (Séance du 15 janvier), page 29;

19° *Concours pour l'année 1897* (Sujet de) ouvert par la Société pour l'enseignement professionnel et technique des pêches maritimes (Séance du 22 janvier), page 32;

20° *Concours ouverts par la Société de l'Industrie minérale de Saint-Étienne* (Séance du 22 janvier), page 32;

21° *Port d'Anvers* (adjudication publique, par voie de concours international des travaux d'agrandissement du) (Séance du 22 janvier), page 32;

22° *Don volontaire de 35 f* (Séance du 22 janvier), page 32;

23° *Lettre de M. Albertini* (Séance du 22 janvier), page 32;

24° *Pli cacheté, déposé par M. Louis Gérard* (Séance du 22 janvier), page 32;

25° *Géologie et de l'hydrologie du Sahara méridional* (de la), par M. J. Bergeron (Séance du 22 janvier), page 32;

26° *La chaudière militaire marine*, par M. E. Duchesne (Séance du 22 janvier), page 33;

27° *Le matériel électrique de manutention dans les chemins de fer*, par M. G. Baignères (Séance du 22 janvier), page 34;

Mémoires contenus dans le Bulletin de janvier 1897 :

28° *Résultats des voyages de M. F. Foureau au point de vue de la géologie et de l'hydrologie de la région méridionale du Sahara algérien*, par M. Jules Bergeron, page 36;

29° *Étude sur un type de chaudière marine militaire*, par M. Ernest Duchesne, page 47;

30° *Matériel électrique de manutention dans les chemins de fer*, par M. G. Baignères, page 57;

31° *Les Charbonnages de Hongay (Tonkin)*, par M. Félix Brard, page 81.

32° *Chronique* n° 205, par M. A. Mallet, page 113;

33° *Comptes rendus*, — page 122;

34° *Bibliographie*, — page 134;

35° *Liste des publications périodiques reçues par la Société, au 1er janvier 1897*, p. 137.

Pendant le mois de janvier 1897, la Société a reçu :

36429 — Du Ministère des Travaux Publics. *Ministère des Travaux Publics. École nationale des Ponts et Chaussées. Service des cartes et plans. Atlas des voies navigables de la France, dressé d'après les documents fournis par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées. 2e Partie. 4e fascicule. Navigation de la Seine. Traversée de Paris* (in-4° de 37 p. avec 36 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1896.

36430 — De M. Wm. Barclay Parsons (M. de la S.). *Report to the Board of Rapid Transit Railroad Commissioners in and for the City of New-York on Rapid Transit in Foreign Cities by Wm. Barclay Parsons* (grand in-8° de 66 p. avec 53 illustrations), 1894.

36431 — De l'American Society of Mechanical Engineers. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol. XVII. 1896*. New-York City, 1896.

36432 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Le piston, la tige de piston, les guides de la tête de piston et le balancier, par N.-J. Raffard* (Extrait du Bulletin technologique de la Société des Anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers, novembre 1896) (in-8° de 16 p.). Paris, Imprimerie Chaix.

36433 — Du Secretaria de Fomento de la República Mexicana. *Estadistica general de la República à cargo del Dr. Antonio Peñafiel. Mexico, 1890. Ministerio de Fomento. Año VI, n° 6*. Mexico, 1892.

36434 — De M. Percy C. Gilchrist. *Paper by Percy C. Gilchrist on the Bertrand Thiel Process. To be read at Middlesbrough December 14 th 1896 before the Cleveland Institute of Engineers. Part. I, II, III, IV*. Westminster.

36435 — De M. L. Salomon (M. de la S.). *Chemins de fer de l'Est. Matériel et Traction. Service du matériel roulant. Note sur l'extension et les améliorations diverses apportées au système de chauffage par la vapeur et l'air comprimé combinés depuis l'hiver 1892-1893* (petit in-4° de 39 p. avec 3 annexes et 10 pl. autog.). Paris, Imprimerie du Matériel et de la Traction, 1896.

36436 — De M. Dujardin-Beaumetz (M. de la S.). *Données statistiques contenant la progression du commerce extérieur de la Chine, extraites des Rapports des douanes impériales chinoises, par F. Dujardin-Beaumetz* (petit in-folio oblong de 14 pl.). Paris, L. Courtier, 1896.

36437 — De M. V. Dwelshauvers-Dery. *Laboratoire de mécanique appliquée de la Faculté technique de l'Université de Liège (École des Arts et Manufactures et des Mines). Etude sur huit essais de machine à vapeur, par V. Dwelshauvers-Dery* (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc. Tome XXXVI, 3e série, page 129, 46e année, 1896) (in-8° de 39 p. avec 2 pl.). Liège, Paris, C. Borrani, 1896.

36438 — Du Ministère des Travaux Publics. *Ministère des Travaux Publics. Direction des chemins de fer. Division de l'Exploitation technique et de la Statistique. Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1894. Documents divers. Deuxième partie. France. Intérêt local, Algérie et Tunisie.* Paris, Imprimerie Nationale, 1896.

36439 — Du département des Travaux Publics du canton de Vaud. *Mémorial des Travaux Publics du canton de Vaud* (in-4° de 269 p. avec 26 pl. et phot.). Lausanne, 1896.

36440 — De M. Salvatore Sciuto. *Le piccole et le grandi sezioni. La sezione circolare e la sezione ovoide nella fognatura delle città, per Salvatore Sciuto* (Estratto del Giornale « Il Monitor technico » di Milano) (in-8° de 22 p. avec 2 pl.). Milano, 18 6.

36441 — De M. E. de Masquard. *Étude de sociologie pratique, par Eugène de Masquard* (in-8° de 32 p.). Nimes, à la Revue du Midi, 1896.

36442 — De P. Doyle. *Tin Mining in Larut, by Patrick Doyle* (petit in-8° de 32 p. avec 5 pl.). London, 1879.

36443 — De la R. Università Romana. *R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1896-97.* Roma, 1896.

36444 et 36445 — Du Ministère du Commerce et de l'Industrie. *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Tome 86, 1re et 2e parties.* Paris, Imprimerie Nationale, 1896.

36446 — De M. E. Bernard et Cie, éditeurs. *L'heure décimale et la division de la circonférence, par Henri de Sarrauton. Note de M. Adolphe Carnot* (in-8° de 64 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1897.

36447 et 36448 — Dito. *Petite Encyclopédie électro-mécanique publiée sous la direction de Henry de Graffigny. 9e volume de la collection. Transport électrique des forces motrices* (in-16 de 160 p. avec 46 fig.). *10e volume de la collection. Les réseaux téléphoniques et sonnettes* (in-16 de 160 p. avec 77 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36449 — De l'Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Vol. XXXIX. Thirty-ninth Session 1895-96.* Glasgow, 1896.

36450 — De M. F. Foureau, par M. Chauveau des Roches (M. de la S.). *Dans le grand erg. Mes itinéraires sahariens de décembre 1895 à mars 1896. Rapport adressé à Monsieur le Ministre de l'Instruction publique, à Monsieur le Gouverneur de l'Algérie, à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, par Fernand Foureau* (in-8° de 104 p. avec 1 carte). Paris, A. Challamel, 1896.

36451 — De M. R. Jacquemart (M. de la S.). *Société anonyme métallurgique d'Auberives et Villerupt. Album. Édition 1896* (in-8° de 25 p. avec 76 pl.). Paris, G. Derval et Braun.

36452 — Dito. *Société anonyme métallurgique d'Auberives et Villerupt. Tuyaux en fonte frettés d'acier. Procédés R. Jacquemart* (in-8° de 13 p. et 10 fig. autog.). Paris, G. Derval et Braun, 1896.

36453 — De M. B.-H. Brough. *Mining at great depths. A Paper read before the Society of Arts (Professor H. Bauermann) on Wednesday December 9, 1896, by Bennett H. Brough* (in-8° de 18 p.). Reprinted From the Journal of the Journal of the Society of Arts December, 11, 1896. London, 1896.

36454 — Du Navy Department. *Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering 1896.* Washington, 1896.

36455 — De R.-H. Thurston (M. de la S.). *The Promise and Potency of high pressure steam Illustrated by the Triple and quadruple expansion experimental engines of Sibley College Cornell University, by R. H. Thurston.* (To be presented at the New-York meeting (December 1896) of the American Society of Mechanical Engineers and forming part of volume XVIII of the Transactions) (in-8° de 59 p.).

36456 — De M. William H. Roll. *Seventh Annual Report of the Syracuse Water Board to the Mayor and Common Council of the City of Syracuse for the year ending June 30 th. 1896.* Syracuse N. Y. 1896.

36457 — De l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. *Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. Exercice 1895-1896. XIIIe Bulletin.* Lille, L. Danel, 1896.

36458 — Du Comptoir géologique. *La traction électrique. Tramways. Locomotives et métropolitains électriques. Traction dans les mines, sur l'eau et sur route. Études et projets. Matériel. Prix de pre-*

mier établissement. Exploitation. Prix de revient et rendement financier, par Paul Dupuy (grand in-8° de 503 p. avec 264 fig. dans le texte). Paris, H. Bécus, 1896.

36459 — Du Ministère des Travaux Publics. *Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de la Seine. Résumé des observations centralisées pendant l'année 1895*. Versailles, Aubert, 1896.

36460 — Dito. *Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de la Seine. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1896*. Versailles, Aubert, 1896.

36461 — De M. E. Molerat. *Métallurgie. Fonderie en fer de 2e fusion. Manuel du fondeur-mouleur en fer, par E. Molerat* (grand in-8° de 148 p. avec 82 pl.). Épinal, Klein et Cie, 1896.

36462 — De l'Institution of Civil Engineers of Ireland. *Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland, Sixty-second session to May 1896. Vol. XXV*. Dublin, 1896.

36463 — De M. P. Cottancin (M. de la S.). *Travaux en ciment avec ossature métallique, ciment armé et briques armées, système P. Cottancin* (album in-8° oblong de photographies).

36464 — *Société des Ingénieurs Civils de France. Inauguration du nouvel Hôtel de la Société le 14 janvier 1897, par MM. A. Mallet et F. Delmas* (in-8° de 27 p. avec 9 pl.) (Extrait de la Construction Moderne). Paris, Aulanier et Cie, 1897.

36465 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Guide pratique de l'électrochimiste (11e volume de la collection de la Petite Encyclopédie électro-mécanique publiée sous la direction de Henry de Graffigny)* (in-16 de 160 p. avec 75 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36466 — Dito. *L'électricité pour tous (12e volume de la collection de la Petite Encyclopédie électro-mécanique publiée sous la direction de Henry de Graffigny)* (in-16 de 160 p. avec 48 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36467 — *Trains continus à embarcadères rotatifs par M. J. Thévenet Le Boul* (Extrait de la Revue Technique du 25 novembre 1896) (grand in-8° de 8 p.). Paris, F. Juven, 1896.

36468 — Du Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes du royaume de Belgique. *Royaume de Belgique. Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes, Téléphones et Marine. Compte rendu des opérations pendant l'année 1895*. Bruxelles, 1896.

36469 — De M. Percy C. Gilchrist. *Paper on the Bertrand Thiel Process of Making Steel by M. Percy C. Gilchrist*. Part I revised and Part VI, discussion (in-4° de 20, 17 et 3 p.). Westminster, 1896.

36470 — De la Société nationale d'agriculture de France. *Mémoires publiés par la Société nationale d'agriculture de France. Tome CXXXVII*. Paris, Chamerot et Renouard, 1896.

36471 — Dito. *Tables générales des principales matières contenues dans le Bulletin de la Société nationale d'agriculture de France depuis la*

création du bulletin (1837) jusqu'à l'année 1894 (in-8° de 269 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1896.

36472 — De M. Edmond Théry. *L'évolution industrielle et commerciale, par Edmond Théry* (in-16 de 56 p.). Paris, Économiste Européen, 1897.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1897, sont :

Comme Membres honoraires, MM. :

DE WITTÉ,	présenté par MM.	L. Molinos, E. Lippmann, L. Rey.
Prince CHILKOFF,	—	L. Molinos, E. Lippmann, L. Rey.

Comme Membres sociétaires, MM. :

A. AVERLY,	présenté par MM.	Grébus, Montesimo, Suss.
R.-D. BACOT,	—	Appert, Canet, Loreau.
A. BELLANGER,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
L.-V. BENÉT,	—	Canet, Calamel, Favarger.
P.-E. BLOCH,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
E.-T. CARTER,	—	Molinos, Goichot, de Dax.
H. CHAIGNEAU,	—	Marillier, P. Mercier, Damoizeau.
M. COUTANT,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
P. DUCASTEL,	—	Flament, Jean, Ludt.
J.-E.-G. DUVIGNAUD,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
A.-E. FOIRET,	—	Beliard, Mouchelet, E. Pettit.
L.-H. DE FRONTIN,	—	Bauzon, Keromnès, Level.
H.-G.-E. GAILLARD,	—	Baignères, Durey, Lavezzari.
B. DE GONDA,	—	Molinos, Rey, de Dax.
E.-M.-Ch. GONDOUIN,	—	Appert, Loreau, Canet.
E. GUÉRIN,	—	Adour, Marsaux, Petit.
P.-J. HUG,	—	Chômienne, Gallas, Hugon.
A. LAGRAFEL,	—	d'Allest, Dony, Stapfer.
A.-A. LEFEBVRE,	—	Vinet, Delachanal, Caillard.
Ch.-E.-H. LEFRANÇOIS,	—	Gassaud, Molinos, Baignères.
R.-F. LOREAU,	—	Appert, Loreau, Canet.
G.-D. PICARD,	—	Astruc, Couriot, D. Monnier.
P.-F. YVER,	—	Appert, Loreau, Canet.

Comme Membres associés, MM. :

A.-P. DOYEN,	présenté par MM.	Bodin, Brulé, Frémont.
G. ROBLOT,	—	Appert, Loreau, Canet.
J.-J. SIGAUT,	—	Krieg, Louyot, Zivy.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 JANVIER 1897

M. Léon Molinos, Président sortant, prononce le discours suivant :

Mes chers Collègues,

Permettez-moi tout d'abord de vous souhaiter la bienvenue dans cet Hôtel où vous vous réunissez aujourd'hui pour la première fois en séance ordinaire. Déjà, Messieurs, le 17 décembre, les premières assises du Congrès que nous avons inauguré l'année dernière avaient pu y être tenues. Vous y avez procédé aux élections et, hier, une fête qui restera, je l'espère, comme un souvenir agréable dans vos mémoires, et dont vous voyez encore quelques vestiges, rassemblait le plus grand nombre d'entre vous pour célébrer cette date importante dans notre histoire, et recevoir le Président de la République, nos Ministres et les hôtes qui avaient voulu vous apporter un témoignage de leur sympathie. Votre Président, votre Bureau et votre Comité sont heureux d'avoir pu remplir la mission que vous leur avez confiée. Vous savez, Messieurs, qu'elle était difficile ; aussi le succès n'est-il dû qu'au dévouement de tous, et vous vous joindrez à nous pour en reporter tout l'honneur, d'abord à notre Architecte, M. Delmas, à la Commission de construction de l'Hôtel, dont le zèle ne s'est pas démenti un instant, à notre Comité auprès duquel nous avons trouvé un concours, un appui, sans lesquels tous les efforts auraient été impuissants.

Au cours de cette œuvre, Messieurs, nous avons contracté de grosses dettes de reconnaissance. Le moins que je puisse faire est de vous les signaler et, à cet effet, de vous retracer un court historique de cette construction.

C'est surtout à l'initiative de mes deux éminents prédécesseurs que notre nouvelle installation est due : M. du Bousquet a mis la question à l'étude, avec la volonté de la faire aboutir le plus vite possible, et c'est la décision de M. Appert qui a provoqué la vente de l'hôtel de la rue

Rougemont, et les mesures financières qui nous ont fourni, vous savez avec quel empressement, les ressources nécessaires à l'achat du terrain et à la construction de l'Hôtel.

Dans le courant de janvier de l'année dernière, on pouvait procéder à la démolition de l'immeuble qui occupait le terrain, faire les fouilles et, le 29 mars, on commençait la construction. Pendant ce court délai, les études, poursuivies avec autant de zèle que de talent par notre Architecte, avaient pu être discutées, arrêtées dans toutes les grandes lignes, les marchés conclus et, le 15 décembre, à la date irrévocable fixée par notre contrat de vente à la Société des Gens de Lettres, nous pouvions prendre possession de l'Hôtel dont la décoration seule et quelques accessoires restaient inachevés.

L'Hôtel a donc été construit en deux cent soixante jours. Experts comme vous l'êtes tous, Messieurs, en matière de construction, vous apprécierez l'effort qu'il a fallu faire pour arriver à ce résultat, et l'un des premiers points sur lesquels je veux appeler votre attention, c'est que, malgré l'expérience, l'esprit de méthode et la laborieuse persévérance dont notre Architecte a fait preuve, il n'aurait pu l'obtenir s'il n'avait trouvé auprès de tous nos Entrepreneurs un zèle et un dévouement absolus. Tous, Messieurs, ont concouru à l'œuvre commune en ne considérant que le but à atteindre, en reléguant au second plan toute question d'intérêt. Vous m'approuverez d'ajouter quelques détails sur le rôle qu'ont joué les principaux d'entre eux.

Mais tout d'abord je dois signaler à votre attention et recommander à votre souvenir reconnaissant les libéralités dont nous avons été l'objet.

La Compagnie de Saint-Gobain nous a donné les deux tiers des glaces de vitrage et de miroiterie, les verres du lanterneau du plafond et les verres-dalles du terrasson de la grande salle, les revêtements en opaline de la courette; enfin la magnifique glace qui fait l'ornement de notre vestibule. C'est la plus grande qui existe en Europe.

Nous devons à M. A. Loreau les belles mosaïques décoratives des plafonds du vestibule. Les ors de ces mosaïques nous ont été fournis par MM. Appert frères.

La maison Houry offre gracieusement à la Société la totalité des fils électriques, grâce à l'intervention de son directeur, notre Collègue, M. Filleul-Brohy.

La maison Édoux et Cie nous a remis la moitié de la valeur de l'ascenseur.

La Société de Recquignies, Jeumont et Aniche nous a donné le tiers des glaces de miroiterie et de vitrage de l'Hôtel et nous a offert, en outre, une grande glace pour la décoration de nos salles.

Enfin, la Commission des Ardoisières d'Angers, représentée par MM. Fouinat et Larivière, nous a fait don de revêtements en ardoise, et la maison Bapst et Hamet, de sièges en ébonite dont vous devinez l'emploi.

Je suis certain de traduire vos sentiments, Messieurs, en témoignant toute notre reconnaissance pour ces contributions généreuses dont quelques-unes constituent des dons magnifiques. *(Vifs applaudissements.)*

Les plus importants de nos travaux ont été exécutés avec des rabais

tels que nous devons considérer qu'ils n'ont laissé aucun bénéfice si, dans certains cas, même, ils n'ont pas entraîné une perte.

Dans cette catégorie, vous devez placer :

MM. Lefaure (jeune) (maçonnerie) ;
Moisant, Laurent, Savey et Cie (charpente en fer) ;
Murat (pose de la miroiterie);
Morand (canalisation pour la lumière électrique) ;
A. Piat et ses fils (mécanisme du plancher mobile) ;
Société des Ateliers de Neuilly (serrurerie d'art et petite serrurerie) ;
Pommier et Delaporte (chauffage, ventilation et fumisterie) ;
Ed. Coignet et Cie (plancher en béton armé, dallage et mosaïque de marbre) ;
J. Robin fils (couverture et plomberie) ;
Regnard frères (métaux découpés) ;
Magasins du Louvre, M. Honoré, directeur (tapisserie et ameublement) ;
Le Cœur et Cie (menuiserie).

Et pour des travaux moins importants, mais exécutés dans les mêmes conditions que ci-dessus :

MM. Houbert et Épardeau (charpente en bois) ;
Laigneau (terrasse, canalisation et béton) ;
Bail, Pozzy et Cie (escalier et rampes) ;
Roy, Raynaud et Cie (sculpture) ;
Seiler frères (canalisation pour le gaz et appareils de tout l'Hôtel) ;
Dumesnil (ciment armé, plancher de l'entresol) ;
Pinget et Vivinis (menuiserie métallique) ;
Rousselet (stucs) ;
Cerisay (parquets) ;
Huvé frères (marbrerie) ;
Dufrene et Jaquemet (grand rideau de fer) ;
Le Mardelé (papiers peints) ;
Société des Asphaltes de France (asphalte du sous-sol) ;
Compagnie Continentale Édison ;
Landry et Cie (hourdis de plafonds) ;
Durey-Sohy (appareils d'incendie).

Enfin :

MM. Aygalenq, directeur de la maison Joltrain ;
Clavilier (démolition) ;
Prouillet (tentures) ;
Viennot (briques de verre),

qui ont au moins contribué, par des rabais relativement importants et en participant à l'activité générale, au résultat que nous avons pu obtenir.

En dehors de nos entrepreneurs, nous avons trouvé auprès de certains fournisseurs des avantages souvent considérables que je dois également vous faire connaître.

Ce sont:

La Société Industrielle des Téléphones (câbles et appareils);
Ancienne maison Sage et Grillet (appareils électriques);
MM. Candlot (ciments);
Société des Ciments français de Boulogne-sur-Mer (ciments des planchers du rez-de-chaussée et du premier étage).
Bricard frères (quincaillerie);
Michel et Cie (compteurs à eau);
Coutelier (ornements en zinc repoussé);
Muller et Roger (robinetterie);
Société Centrale des Briqueteries de Vaugirard;
Morel (plâtre);
Lecouffe et Cie (plâtre);
Bernardet (appareils sanitaires);
Lefranc (peintures vernissées);
Garnot (briques de liège).

J'espère, Messieurs, que vous ne vous plaindrez pas de la longueur de ces listes, puisqu'elle est une manifestation des concours si nombreux qui se sont offerts à nous pour nous aider dans notre tâche. *(Applaudissements.)*

Cette année, en effet, a été exceptionnellement laborieuse. Aux soins journaliers qu'exige le développement constant des affaires de la Société, est venu s'ajouter le surcroît de travail nécessité par la reconstruction de l'Hôtel et par l'organisation d'un Congrès et d'une grande fête.

C'est grâce au dévouement de notre Secrétaire Général, M. de Dax, qui a su s'entourer d'un personnel peu nombreux, mais zélé et intelligent, qu'il a été possible de mener à bien ces tâches multiples et si lourdes.

Enfin, je ne puis vous laisser ignorer que le mois dernier, lorsqu'un certain nombre d'entre nous doutaient encore qu'il fût possible d'arriver pour cette date fatale du 15 décembre, un de nos Collègues, M. Pérignon, nous offrait gratuitement la jouissance d'un de ses hôtels pour nous donner asile jusqu'au moment où notre installation serait praticable. *(Applaudissements.)*

Il m'est bien agréable d'avoir à constater, dans cet ensemble de faits, les preuves vraiment touchantes de l'intérêt que la prospérité de notre Société inspire à tous ses membres et j'adresse en votre nom tous nos remerciements à nos dévoués et utiles collaborateurs.

L'usage s'est établi, Messieurs, dans ces séances où le Président sortant prend congé de vous, de retracer les travaux de la Société, de vous rappeler les distinctions dont nos Collègues ont été l'objet, les fonctions honorifiques auxquelles ils ont été appelés, et aussi la liste des pertes, malheureusement de plus en plus longue, que chaque année nous inflige. Mais, à mesure que le nombre de nos membres augmente, je vous ferai remarquer que cet usage devient plus difficile à suivre. C'est, en réalité, une table des matières reproduisant ce qui est déjà consigné dans nos procès-verbaux et dont l'énumération est aussi fastidieuse pour vous que pour votre Président. Je me bornerai donc, pour cette fois, à remercier en bloc ceux de nos Collègues qui ont bien voulu, par d'in-

téressantes communications, contribuer à l'utilité et à l'intérêt de nos séances, ou aux discussions encore souvent trop courtes, à mon avis, qui les ont suivies.

Avant de céder le fauteuil à mon successeur, permettez-moi, Messieurs, d'essayer de vous rendre un service. En général, je ne suis guère partisan des modifications de statuts, à moins qu'elles ne s'imposent par de fortes raisons. C'est cependant un acte semblable que je veux vous proposer, parce que je suis convaincu qu'il est absolument nécessaire, et qu'il y a intérêt à l'accomplir le plus tôt possible, c'est-à-dire cette année. Je veux parler du mode d'élection du Comité. Il y a quatre ans, ce mode d'élection a été changé. Mais, par suite d'une confusion qui s'est produite dans les discussions dont il a été l'objet, la modification a manqué, à mon avis, le but à atteindre, et le régime actuel présente de graves inconvénients que je vais vous faire toucher du doigt.

L'objectif était d'assurer un certain roulement dans les élections, d'obvier à l'inconvénient des nominations pour ainsi dire à vie, d'introduire, en un mot, chaque année un élément nouveau dans le sein du Comité.

C'était une préoccupation fort légitime. Mais on a perdu de vue qu'il est en même temps nécessaire de conserver les traditions, et qu'il serait, par exemple, très nuisible aux intérêts de la Société que le Comité fût entièrement et tout d'un coup changé, et se trouvât ainsi composé de membres étrangers à l'administration et aux précédents de nos affaires. Ce sont deux conditions également nécessaires entre lesquelles les dispositions statutaires doivent maintenir un juste équilibre. C'est ce que le mode actuellement institué ne fait pas. Il a simplement spécifié que chaque année un certain nombre de membres ne pourraient être réélus, mais il est muet sur le sort des autres. Les conséquences en sont très fâcheuses. Qu'arrive-t-il en effet? Il y a, par exemple, six membres nouveaux à nommer. On propose d'abord six candidats, auxquels viennent s'ajouter un certain nombre d'autres, tous très méritants, très sympathiques. Pour leur faire place, on raie plus ou moins au hasard sur la liste, et il arrive qu'un de nos Collègues, nommé l'année dernière, se trouve exclu cette année; qu'un autre, proposé pour la Vice-Présidence et ne se trouvant plus sur la liste du Comité, est oublié. Ce sont des faits très regrettables et, dans des cas antérieurs, j'ai pu constater qu'ils produisaient de légitimes froissements que nous devons nous appliquer à prévenir.

La vraie solution, Messieurs, est tout indiquée, c'est de nous conformer aux pratiques généralement admises pour les nominations des Conseils de toutes les Sociétés bien administrées.

Le paragraphe 2 de l'article 20 est ainsi conçu :

« Les Vice-Présidents, les Secrétaires et les Membres du Comité ne sont rééligibles que pendant quatre années consécutives. »

Je vous propose de rayer de ce paragraphe les mots « et les Membres du Comité », et d'ajouter les deux paragraphes suivants :

« Les membres du Comité sont élus pour quatre ans. Le Comité se

renouvelle annuellement par quart, à raison de six membres sortants chaque année. Pour établir le roulement, il sera pour la première fois tiré au sort.

» Dans le cas où par suite de décès, démission ou toute autre cause, un membre du Comité vient à disparaître en cours d'exercice, le membre élu en remplacement reste soumis aux obligations de celui qu'il remplace, de façon que le nombre des membres sortants soit toujours de six par année. Tout membre sortant du Comité ne pourra se représenter en la même qualité qu'après un délai d'un an. »

Vous constaterez que cette formule remplit absolument le programme. Tous les ans vous aurez à nommer six nouveaux membres, les autres finiront leur mandat. Et les élections du Comité, qui sont actuellement si compliquées, deviendront très simples, puisque le dépouillement ne portera plus que sur quelques candidatures. Enfin, je ne propose pas de placer les Vice-Présidents et les Secrétaires qui ont un rôle actif dans la même situation que les membres du Comité. La distinction se justifie, en principe, par des raisons sur lesquelles il est inutile d'insister.

Les formalités indiquées par le règlement pour cette modification sont les suivantes : nomination d'une Commission de cinq membres par l'Assemblée générale, qui pourra être celle du mois d'août, rapport et vote à l'Assemblée générale de fin d'année.

Je me hâte d'ajouter que la proposition que je vous soumets a l'approbation de votre Comité. Et si vous lui donnez votre sanction, elle peut être mise en vigueur dès cette année.

(Se tournant vers M. Edouard Lippmann, nouveau Président.)

Mon cher Collègue, je vous cède le fauteuil. Vous aurez aussi une lourde charge à remplir, mais je sais que vous en avez mesuré tout le poids. Il est nécessaire que le recrutement de la Société fasse cette année un grand pas. J'espère que vous y parviendrez en puisant, par un heureux mélange, dans la jeunesse qui est l'espoir et l'avenir pour nous comme pour le pays, et aussi dans la maturité. Un nombre considérable de grands industriels sont, jusqu'à ce jour, restés étrangers à notre Société, certainement, pour la plupart, parce qu'ils ignorent même qu'ils pourraient en faire partie. Ils peuvent aider nos jeunes Collègues à faire leur carrière. Nous produisons des Ingénieurs, ils en consomment, l'alliance n'est-elle pas indiquée ?

Tous nous applaudirons à vos efforts et vous souhaitons le meilleur succès. *(Vifs applaudissements.)*

M. Edouard Lippmann, nouveau Président, après avoir serré la main de M. Léon Molinos, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Mon cher Président,

Je ne me dissimule certainement pas tout le poids de la tâche que j'ai à remplir. Vous avez foi dans les efforts que je ferai pour la mener à bien, je vous en remercie ! Et vous pouvez compter que je ne négligerai rien pour ne pas rester au-dessous de votre confiance.

Vous nous signalez une réforme à faire au sujet des élections de notre Comité. Vous savez qu'à cet égard vos idées sont les miennes, et j'espère que tous nos Collègues approuveront la modification que vous désirez voir apporter dans ce sens à nos statuts.

Quant au recrutement, je m'y emploierai avec ardeur; et je veux espérer que le nombre de nos Sociétaires et Associés augmentera dans une telle mesure que, bientôt, suivant votre prédiction, nous serons encore trop à l'étroit ici. Nous vous retrouverons alors avec toute la vigueur de votre esprit, toute la puissance de votre activité, toute la force de votre initiative, pour vous confier, dans une troisième Présidence, la direction de la construction de notre troisième Hôtel. C'est notre vœu le plus sincère! *(Applaudissements.)*

Mes chers Collègues,

En m'adressant à vous, ma voix tremble, mon émotion est grande! Je ne puis croire encore à l'insigne honneur qui m'est fait d'être appelé à présider vos travaux, à succéder à cette glorieuse phalange d'hommes éminents qui ont tant fait pour l'éclat, le prestige et la fortune de notre Société.

Je suis saisi de peur en pensant aux efforts suprêmes qu'il me faudra faire pour être constamment à la hauteur du mandat que vos suffrages m'ont confié. Comment pourrai-je marcher honorablement sur les traces de l'Ingénieur habile qui vient d'accomplir de si grandes choses; qui, malgré ses multiples occupations du dehors, a pu suivre attentivement tous les remarquables travaux présentés en séances par nos érudits Collègues; qui s'est consacré si utilement, si heureusement à l'édification rapide de ce magnifique Hôtel, dont tous les moindres détails ont été examinés, étudiés, discutés par lui, avec une compétence et un dévouement au-dessus de toute expression; qui, enfin, a su concevoir, organiser et si bien réussir nos deux inaugurations: la première, austère et savante, le Congrès, qui doit resserrer nos liens avec les Collègues du dehors, et amener de nombreux adhérents de la province et de l'étranger; la seconde, mondaine et charmante, dont nos oreilles perçoivent encore ce soir les gracieux échos, et qui nous a permis d'appeler sur nous la bienveillante sympathie du Chef de l'État et du monde officiel, en même temps que d'offrir à nos familles la rare occasion de visiter la ruche où il se fait et se dit souvent des choses si intéressantes.

Aussi, pour moi, c'est un devoir et un grand plaisir de venir ici, avant toute chose, exprimer en votre nom, à notre cher Président Molinos tous nos sincères remerciements et toute notre bien profonde reconnaissance. *(Bravo! — Applaudissements.)*

Je veux d'ailleurs aussi me joindre à lui pour adresser, de votre part, les éloges les plus chaleureux à notre habile Collègue et ami M. Delmas, qui a si bien répondu à tout ce que nous attendions de son vrai talent et de son admirable activité *(Très bien! Très bien! — Applaudissements)*; et encore pour témoigner toute notre gratitude au concours dévoué de la Commission de l'Hôtel, à nos généreux Donateurs et à nos désintéressés Entrepreneurs.

Je me souviens bien de notre plus que modeste local primitif de la rue Buffaut; et en contemplant cet Hôtel, que partout ailleurs on appellerait un palais, en faisant aussi un retour sur moi-même, je me demande sincèrement si, en m'appelant cette année à votre Présidence, vous n'avez pas voulu symboliser et la place conquise dans le monde, en un demi-siècle, par la profession d'Ingénieur Civil, et aussi la prospérité graduelle de notre Société. Je n'ai pour cela qu'à rapprocher l'humilité de mes débuts industriels, la modestie de ma carrière, de la situation que vous me faites aujourd'hui, et qui est la plus haute, la plus ambitionnée dans notre milieu d'artisans du progrès.

Il vient d'y avoir quarante ans que je suis sorti de l'École Centrale, et que j'ai trouvé un emploi dans la maison que je dirige déjà depuis vingt-cinq années.

J'ai commencé par être dessinateur, puis chef de chantier, ensuite chef de la fabrication, me plaisant à mettre, comme on dit vulgairement, « la main à la pâte » pour « me bien faire entrer le métier dans la main », autant que pour satisfaire, déjà, à la ligne de conduite dont je ne me suis jamais écarté : l'accomplissement scrupuleux du devoir.

C'est certainement à cela que j'ai dû d'être bientôt ensuite fondé de pouvoirs, puis associé de MM. Degousée et Laurent, auxquels j'ai définitivement succédé en 1871.

Je me fais gloire de ce simple passé; et je suis heureux de compter encore au nombre de nos Collègues, mon ancien maître et prédécesseur, aujourd'hui mon ami Edmond Degousée : je tiens en effet à lui adresser ce soir publiquement l'hommage de ma vive reconnaissance, pour m'avoir jugé digne de soutenir l'héritage d'un nom universellement connu, et qui est partout synonyme de droiture et d'honneur. *(Bravo! Applaudissements.)*

Vous ferai-je maintenant, comme il est presque de convention, une sorte de revue de l'art du sondeur, le compte rendu des travaux et études accomplis par moi, la description des quelques progrès que j'ai pu faire faire à notre industrie toute spéciale? Je m'en garderais bien! Ce ne serait qu'un exposé monotone, et sans intérêt, pour la presque totalité de mon auditoire : ce ne serait que vous rappeler le rapport présenté par moi, en 1878, au Congrès du *Génie Civil*, ou les communications que j'ai eu l'honneur de vous faire dans quelques-unes de nos séances habituelles.

Au lieu de cela, permettez-moi de vous parler d'abord du principal outil dont nous faisons usage. Cet outil est une science, c'est l'histoire de la terre, la Géologie.

La terre n'est qu'une molécule dans l'immensité de l'espace; mais cet atome, comme l'appellent La Bruyère et Montesquieu, est encore infini pour nous, puisque jusqu'ici nous n'avons pas entamé, exploré son écorce au delà de deux mille mètres de profondeur, c'est-à-dire pas même sur les trois millièmes de la longueur de son rayon.

Cependant, grâce à la géologie, nous pouvons avoir l'idée des différentes phases par lesquelles a passé la formation de notre planète, les modifications successives qu'elle a subies depuis son origine. La géologie, c'est l'examen détaillé de ce qu'a été notre globe, de ce qu'il est, de

ce qu'il sera; elle nous permet même de suivre l'enchainement des phénomènes naturels au delà de la création de la terre, elle nous fait deviner le spectacle de la nature alors que *l'astre terrestre* n'existait pas encore.

Dans sa partie la plus positive, cette science nous fait connaître quelles sont, dans le moment actuel, les matières qui concourent à former notre globe; comment ces matières s'y trouvent assemblées; quelles sont les règles qui en ont déterminé la composition et la distribution. — C'est grâce à elle aussi que, par la simple inspection du sol, nous pénétrons les mystères qu'il nous cache, nous pouvons préjuger des richesses qu'il est susceptible de recéler en profondeur, dévoiler le secret du gisement des filons précieux, de l'existence des nappes souterraines et de ces mille substances qui constituent les matières premières des grandes industries; c'est encore par elle que nous savons apprécier les conditions minérales et topographiques dans lesquelles peuvent le mieux se développer les nombreuses matières végétales, voire même alors le bétail, qui complètent la richesse totale de notre globe et son inépuisable fécondité,

Mais cette science est née seulement d'hier; bien que peu de connaissances soient aussi propres à attirer la curiosité de l'homme et paraissent plus dignes d'exciter son esprit, bien que l'histoire des opinions sur la structure et la formation du globe, remonte aux temps les plus reculés.

Les prêtres égyptiens, premiers dépositaires des sciences humaines, regardaient la terre comme ayant été originairement recouverte par les eaux et comme s'étant formée dans leur sein; c'est la doctrine exposée textuellement dans la Genèse.

Les philosophes grecs Thalès et Xénophane s'instruisirent chez les Égyptiens où l'imagination est saisie par la fertilité produite par les inondations du Nil, et dans leurs enseignements, ils présentèrent l'eau comme le principe créateur par excellence. Mais dans d'autres écoles on professa des systèmes différents: c'est ainsi que Zénon et Héraclite, impressionnés par les éruptions volcaniques de l'archipel, attribuèrent au feu le rôle principal de la formation du globe. Ce sont déjà les deux écoles que vous connaissez bien : celles des Neptuniens et des Plutoniens.

Mais n'ayez crainte, mes chers Collègues, je ne veux pas vous faire une leçon complète de géologie, je n'attendrai pas que vous me demandiez de « passer au déluge » et j'en finis tout de suite avec les ridicules hypothèses qu'on faisait, il y a peu de temps encore, sur l'histoire de la terre.

C'est seulement dans les dernières années du siècle précédent que de vrais savants commencèrent à apporter la lumière, et la précision sur l'ensemble des faits matériels et des phénomènes physiques qui ont présidé à la constitution générale de notre planète.

La géologie commence véritablement à Saussure, à ses *premiers voyages dans les Alpes*, où il a bien constaté que la roche primitive par excellence est le granit, qu'elle sert de base à toutes les autres, qu'elle s'est formée par cristallisation, que, par-dessus, les suivantes se sont déposées par couches horizontales, et que, si ces couches sont plus ou

moins redressées, c'est à une révolution postérieure qu'elles doivent leur position.

L'idée de la formation des couches sédimentaires avait été hasardée timidement, cinquante ans plus tôt, par de Maillet dans son ouvrage satyrique le *Telliamed*, anagramme de son nom; et après eux vint le neptunien Werner qui énonça, à l'école de Freiberg, la première classification, la première nomenclature géologique.

Mais les moyens de transport commençant à devenir plus faciles, plus rapides, les observateurs qui auparavant n'étendaient guère le champ de leurs études qu'à la localité qu'ils habitaient, ou à celles circonvoisines, purent se déplacer pour aller au loin, et partout, rechercher la corrélation ou la dissidence qui pouvait exister entre leurs remarques et celles de leurs confrères: plus tard, des excursions, des congrès, des discussions techniques se multiplièrent, et c'est alors que les fondements d'une nomenclature géologique purent être posés, qui mirent définitivement d'accord les deux écoles divergentes des neptuniens et des plutoniens: ceux-ci comprirent qu'au lieu d'attribuer l'origine et la constitution du globe exclusivement, les uns, à l'action des eaux, les autres, à l'action du feu, il convenait de se faire de mutuelles concessions et de reconnaître que ces deux grands éléments avaient contribué, soit en collaboration, soit dans des périodes distinctes, à l'imposante structure de notre *molécule cosmique*.

Je ne veux pas maintenant vous conduire à travers le dédale historique de la nomenclature géologique qui, à l'état d'embryon il y a quelque cinquante années, a atteint aujourd'hui un majestueux développement. C'est dû à la constitution de la Société géologique de France, qui a eu bientôt des imitateurs dans tous les États de l'Europe, et dont les congrès annuels et nomades vont résoudre sur place les questions plus ou moins controversées sur la composition, la nature, l'âge des couches et des dépôts qui forment l'écorce terrestre; c'est grâce surtout à l'initiative, à l'esprit méthodique de nos deux éminents professeurs Munier-Chalmas et de Lapparent qui, depuis 1892, ont commencé à présenter une échelle stratigraphique de dénominations, empruntées à celles des grandes régions géographiques, et quelquefois à celles de localités spéciales, dans lesquelles les différents systèmes sont le mieux et le plus complètement représentés.

Nous ne nous dissimulons pas qu'il faudra encore beaucoup de temps pour faire cesser les contradictions, les erreurs de toute espèce qui se mêleront aux appréciations des divers géologues; en général, on ne trouve pas à vivre de cette science; elle est pratiquée le plus souvent par des amateurs tentés de croire que, dans une description de la Terre, la première place appartient à la contrée qu'ils habitent; ils se refusent à comprendre qu'en géologie surtout ce n'est pas seulement par des recherches minutieuses, par des observations directes et personnelles, mais principalement par l'étude des corrélations voisines et éloignées, qu'on arrive à se convaincre de la dénomination juste, de la classification précise à donner à une couche, à une assise, à un banc, à un feuillet.

Quel prodigieux labeur il faut dépenser pour arriver à connaitre à

fond toutes ces divisions et subdivisions des sédiments qui constituent la croûte du globe, pour reconnaître et indiquer les modifications qui se sont accomplies dans l'aspect, la composition, la faune des dépôts lacustres ou marins d'un même étage, dans des localités différentes! Que d'attention et de soins pour juger, avec plus ou moins de certitude, les changements qui se sont produits par des influences climatologiques et les transformations dues aux actions physiques, chimiques, magnétiques d'agents intérieurs qui ne sont eux-mêmes pas encore bien définis!

C'est contre ces difficultés gigantesques qu'ont eu et ont encore à lutter tous ces grands Ingénieurs, ces illustres savants auxquels on doit l'édification de ces précieuses cartes géologiques, qui mettent sous nos yeux les grandes lignes de l'architecture générale de la Terre, et contribuent de la façon la plus généreuse à la fortune publique, par les indications sûres dont tirent profit l'agriculture et l'industrie en général.

L'établissement de la carte géologique de France a, depuis longtemps, été reconnu comme étant du plus grand intérêt : la question fut portée devant la Convention en 1794 ; l'École des Mines venait d'être créée ; elle donna lieu à l'institution du corps des Ingénieurs des Mines. Un décret porta que ces Ingénieurs, chacun dans son arrondissement, seraient chargés de rassembler les éléments de la constitution minéralogique de la France. On devait ensuite coordonner ces éléments et la carte géologique du territoire en aurait formé le résumé général.

Mais un tel travail était plus difficile et plus long qu'on ne le croyait à cette époque d'ardeur et d'enthousiasme. Il eût fallu, d'ailleurs, que la géologie fût plus avancée qu'elle ne l'était alors.

Les Ingénieurs des Mines ne publièrent d'abord qu'une série de notices géologiques concernant quelques points particuliers du territoire. Ces notices étaient rassemblées dans un recueil périodique institué par l'Administration sous le nom de *Journal des Mines*. Mais cela ne constituait pas une œuvre d'ensemble, une carte générale.

Ce n'est qu'en 1825 que Brochant, alors directeur de l'École des mines, chargea deux de ses élèves les plus distingués, Élie de Beaumont et Dufrenoy, d'exécuter, sous sa direction, la carte géologique de la France, qu'il divisa, à cet effet, en deux parties, par une ligne passant par Honfleur, Alençon, Chalon-sur-Saône et la vallée du Rhône jusqu'à la Méditerranée. Dufrenoy fut chargé des opérations à l'ouest et Élie de Beaumont de celles à l'est de cette ligne. Ils mirent dix ans à accomplir leur tâche; leur carte parut en 1835, et pendant toute leur existence ils n'ont cessé de la corriger et de la perfectionner.

Après eux, une longue suite d'Ingénieurs et de savants éminents ont été appelés à continuer cette grande œuvre; et le service de la carte géologique de France, placé aujourd'hui sous la direction de l'éminent Ingénieur en chef des Mines, M. Michel Lévy, de l'Institut, accomplit un véritable chef-d'œuvre dans l'établissement de la grande carte au 1/80 000ᵉ dont les dernières feuilles vont bientôt paraître.

Nous devons tous rendre hommage à cette brillante cohorte de célébrités, à ces hommes désintéressés qui s'illustrent par leur grand savoir, et qui consacrent tout leur temps, tous leurs efforts, toute leur vie, à rehausser chaque jour l'éclat de la gloire de notre pays. Nous leur

sommes personnellement reconnaissants de nous mettre entre les mains les guides les plus clairs, les plus pratiques et les plus sûrs, pour les recherches des gisements superficiels des roches et minéraux utiles, et pour nous conduire, avec une perspicacité qui étonne, à la découverte des richesses de toute sorte que la terre cache mystérieusement dans son sein.

Parmi celles-ci, la plus féconde, c'est, sans contredit, l'un des quatre grands éléments, si indispensable à l'existence de tous les êtres organisés, l'eau, dont la circulation superficielle est mathématiquement réglée par la fréquence ou la rareté des pluies, par la température de l'atmosphère, par les formes et les reliefs de notre globe; l'eau, que la géologie nous aide puissamment à retrouver dans les profondeurs de la terre, en nous divulguant aussi les formes et les reliefs des couches souterraines, en nous permettant de suivre la marche, l'allure, la puissance des nappes que le sol doit emprisonner dans ses bancs perméables.

La Providence a distribué avec prodigalité ce précieux liquide à la surface de la terre; mais, comme pour tous ses autres besoins de la vie, l'homme ne peut en user qu'en y employant une partie de ses forces : il la puise et la transporte s'il est proche d'une source ou d'un cours d'eau; sinon, il est obligé de creuser le sol pour trouver le réservoir dans lequel il pourra pourvoir à son alimentation.

Mais n'est-ce pas quand même un bienfait de Dieu de procurer ainsi de l'eau potable ou d'irrigation aux régions qui, à distance de rivières, forceraient leurs habitants à l'aller chercher au loin et à grand'peine; ou bien à n'user que très parcimonieusement de celle qui tombe du ciel, en la recueillant dans des mares ou des citernes malsaines; ou encore, ce qui pis est, à se plier aux exigences parfois vexatoires d'un monopole autorisé à la fournir à sa guise et à son prix?

L'HYDROLOGIE SOUTERRAINE est devenue une science, un art. — Mais il n'est pas sans intérêt de dire un mot des systèmes par lesquels la naïveté des âges, qui nous ont précédés, expliquait le phénomène qui nous semble si simple et si naturel de l'origine et de la circulation de l'eau à la surface et à l'intérieur de la terre.

Il n'est certainement rien de plus grandiose et de plus imposant que le spectacle offert par la nature dans le mouvement de ces vastes cours d'eau roulant vers la mer leur masse liquide sans cesse renouvelée. Aussi n'est-on pas surpris de voir les populations primitives, saisies d'une crainte religieuse, trouver là des effets surnaturels dont ils attribuaient la cause à des divinités habitant les antres qui donnent essor aux sources.

Quand la superstition fit place à des sentiments déjà plus sains, l'imagination inventa des systèmes plus extravagants les uns que les autres :

Platon dit qu'il existe un immense réservoir, commun à toutes les sources ; que c'est le *gouffre du Tartare* et que ses eaux arrivent *par cascades* à la surface du sol.

Aristote est d'avis que l'eau se forme naturellement dans l'intérieur du sol, en vertu du principe de la *transmutation des corps*; devançant presque M. Raoul Pictet de vingt-deux siècles, il explique que l'air, en séjournant dans la terre, s'y épaissit et se change en eau. Le mouvement de celle-ci est produit par *l'ascendant des astres*, par la *propriété*

vivifiante (la capillarité) *du sable pur*; d'autres l'attribuent tout simplement à la *force de projection, à la force expansive, à la force vitale de la plante*, etc.

Descartes pense que les eaux pénètrent, par des conduits souterrains, jusques et au-dessous des montagnes, d'où « *la chaleur qui est dans la terre les élevant, comme en vapeurs, jusqu'à leur sommet, elles y vont remplir les sources des fontaines et des rivières* ». Ici donc la terre est considérée comme *un alambic.*

Après, vient la théorie de l'académicien La Hire, d'après laquelle la terre serait « *un filtre gigantesque qui retient le sel marin et fait monter l'eau douce, par l'action capillaire, comme dans un morceau de sucre qui trempe, par un seul point, dans un verre d'eau* ».

Ce n'est vraiment que vers le milieu du XVIIIe siècle que le philosophe de Maillet, dans ses entretiens, dont j'ai déjà donné le titre, *sur la diminution de la mer, la formation de la terre, l'origine de l'homme*, etc., avança l'opinion que notre globe était composé de couches déposées successivement, les unes sur les autres, par une mer dont la retraite graduelle avait mis à découvert nos continents. Et alors on entrevit le système réel du cycle des eaux atmosphériques et souterraines : l'eau de mer, sous l'action de la chaleur du soleil, se répand dans l'atmosphère en vapeurs qui retombent en pluie, neige, brouillard ou rosée, sur toute l'étendue des continents, restent à leur surface dans les dépôts des glaciers, coulent en partie dans les couches perméables qui viennent, en s'infléchissant, affleurer à la surface du sol, et là, poussées par leur propre poids, descendent, se meuvent et remontent comme dans les siphons renversés.

Tout s'explique donc très simplement par l'action combinée d'un agent, la chaleur solaire, et d'une seule force, la pesanteur.

Mais tant il est vrai que l'évidence ne satisfait pas toujours certains esprits exagérés, n'est-il pas étrange de voir encore, dans le XIXe siècle, en 1826, un auteur américain, Dickson, exposer dans un ouvrage sur les puits artésiens, que *les « eaux souterraines sont rejetées à la surface par une force expansive résultant de la chaleur centrale et indépendante de toute action gravitante?* » et, après lui, le philosophe Azaïs, en 1843, publiant l'*explication du puits de Grenelle*, assure que « *semblable à notre sang qui s'exhale en sueur ou jaillit sous le coup de la lancette, l'eau intérieure jaillit, sous le coup de la sonde, en obéissant au principe universel de l'expansion, c'est-à-dire à cette loi générale d'après laquelle un corps emprisonné dans une enveloppe est en état de ressort, en état d'effort continu pour briser la résistance de cette enveloppe.* »

Naturellement, ces quelques dissidents ne créèrent aucune entrave à la propagation des lois vraies régissant l'eau dans tous les rôles qu'elle a à jouer dans la nature.

En dehors des effets géogéniques de l'eau, c'est-à-dire de la contribution presque absolue qu'elle a apportée à la formation des couches géologiques sédimentaires, le monde savant s'occupe d'elle dans différentes branches : il l'étudie notamment dans ses mouvements et sa répartition dans l'atmosphère sous forme de vapeur ou condensée, c'est-à-dire dans le domaine de la MÉTÉOROLOGIE qui arrive à prévoir, dans une certaine

mesure, les déplacements de l'air saturé d'humidité et les points où celle-ci doit se déposer sous forme de pluie.

C'est donc à la météorologie que l'hydrologue demande la façon dont les eaux pluviales se disséminent, s'accumulent en certains points et s'écoulent, plus ou moins directement à l'air libre, vers le grand réservoir des Océans; il en déduit ce qui s'en échappe pour retourner en vapeur humidifier l'atmosphère; et il calcule ce qui s'en infiltre dans les couches perméables du sol, pour constituer les puissantes nappes souterraines que le sondeur sait découvrir, la plupart du temps, par le secours de la notion géologique de la région intéressée à faire une telle recherche.

Je ne m'attacherai pas longuement ici à mettre en garde contre une confusion possible entre l'*hydrologie souterraine* et l'*hydroscopie* ou *rhabdomancie*, c'est-à-dire entre l'art de ceux qui s'aident de l'observation attentive du sol et de la disposition des lieux, pour découvrir la couche liquide cachée dans la profondeur de la terre, et les procédés trompeurs, ou le charlatanisme, d'hommes qui se prétendent doués de la faculté de sentir les émanations des eaux souterraines.

Au nombre des premiers s'est trouvé l'abbé Paramelle qui s'est fait une réputation, grande et méritée, par ce genre de sagacité d'autant plus remarquable qu'il n'avait alors à compter que sur sa science personnelle, n'ayant à sa disposition ni cartes géologiques, ni des précis vraiment pratiques de géognosie. Quant aux seconds qui n'avaient aucun savoir, mais qui passaient pour être inconsciemment soumis à des influences occultes, ils n'ont plus la confiance que de quelques esprits faibles, enclins à croire encore au merveilleux et restant les adeptes du pouvoir surnaturel de la baguette de coudrier, aussi bien que des prophéties ou des invocations d'outre-tombe des tables tournantes.

Les premiers principes d'hydrologie souterraine furent posés, en 1822, par Cuvier et Brongniart dans leur *Description géologique des environs de Paris*, rectifiée et augmentée peu après par Senarmont et d'Archiac.

L'académicien Héricart de Thury, dans son livre sur les puits artésiens, en 1829, exposa les conditions à observer pour favoriser le plus possible le succès des recherches des nappes artésiennes.

Ce fut cette même année que les frères Flachat obtinrent, à la gare du canal de Saint-Ouen, avec un succès éclatant, les premières eaux jaillissantes trouvées dans le bassin de Paris.

Je suis fier de rappeler, en ce jour, qu'Eugène Flachat fut l'un des fondateurs de la maison industrielle que j'administre maintenant, et permettez-moi, mes chers Collègues, d'adresser ici un souvenir ému à notre premier Président, à l'homme illustre qui fut le créateur de la profession d'Ingénieur Civil, qui occupa tant de fois le fauteuil auquel vous venez de me faire le très grand honneur de m'appeler, et dont vous allez assurer l'immortalité par le monument que vous faites pieusement élever à sa mémoire. *(Applaudissements.)*

Je veux, en même temps, saluer avec vénération cet autre homme éminent, le grand Ingénieur J. Degousée, le patriote intègre, qui s'est assis, comme Vice-Président, à côté de Flachat, pendant la première année de l'existence de notre Société; car c'est lui qui m'a paternelle-

ment ouvert les portes de la carrière à laquelle je me suis exclusivement consacré.

Après Héricart de Thury, notre estimé professeur Amédée Burat, dans *la Géologie appliquée*, le célèbre Arago dans *l'Annuaire du Bureau des longitudes*, mon habile prédécesseur Ch. Laurent, dans la deuxième édition du *Guide du sondeur*, apportèrent successivement à la science de l'hydrologie l'enrichissement de notions générales et précises de géologie appliquée à la découverte des eaux souterraines.

Mais c'est surtout par les travaux admirables de l'immortel Belgrand que furent définitivement et nettement dégagés les principes de l'hydrologie générale, dans son ouvrage fondamental intitulé : *la Seine; Études hydrologiques; Régime de la pluie, des sources, des eaux courantes.*

Il y fait ressortir l'importance de la distinction des terrains perméables, peu perméables et imperméables ; et il fait une utile classification, dans ces trois divisions, de toutes les couches composant les étages géologiques sédimentaires.

A l'aide de ce tableau, et en y rattachant les conditions météorologiques d'une région et l'étude du relief du sol, il arrive à poser les lois précises sur le régime des sources et des cours d'eau superficiels, ainsi que sur l'alimentation intermittente ou continue des nappes qui circulent souterrainement dans les couches perméables ou fissurées.

Quand on parle de Belgrand, on ne peut s'empêcher de suivre les élans du souvenir et de l'admiration, pour s'arrêter, ne fût-ce qu'un instant, devant l'œuvre grandiose accomplie par lui, et dont notre population ne saura jamais lui être assez reconnaissante. Pour s'en bien rendre compte, il suffit de jeter un coup d'œil rapide sur ce qu'a été et ce qu'est devenue, au point de vue de l'hygiène et de l'assainissement, la capitale de la France, celle qu'on appelle la capitale de l'Europe, le rendez-vous de l'univers, cette grande cité que Montaigne appelait déjà *l'un des plus nobles ornements du monde*, et qui n'a jamais cessé d'être aux prises avec les plus insurmontables difficultés pour assurer le bien-être de ses habitants.

A l'époque romaine il existait à Paris deux aqueducs, l'un venant de Chaillot au Palais-Royal, l'autre amenant aux Thermes de Julien (actuellement le jardin du musée de Cluny) l'eau de la rivière de Rungis.

Lors des invasions barbares tout fut détruit et, au moyen âge, on n'avait que l'eau des puits, alors peu nombreux, parce que beaucoup eussent exigé une profondeur qu'on ne savait guère leur donner. Les habitants de Paris allaient chercher l'eau à la Seine, sauf quelques couvents qui pouvaient se procurer de l'eau de source : les sources de Belleville étaient amenées à l'abbaye de Saint-Martin-des-Champs ; celles de Montmartre et de Romainville, à la léproserie Saint-Lazare et au couvent des Filles-Dieu. Philippe-Auguste les fit continuer jusqu'à la Fontaine des Innocents à l'intérieur de la ville.

Beaucoup plus tard, Louis XIII fit commencer l'aqueduc d'Arcueil, pour amener sur la rive gauche l'eau de la rivière de Rungis.

L'eau de Seine était exclusivement portée à dos d'homme dans les maisons. Henri IV fit établir, pour le service particulier du Louvre, la

pompe de la Samaritaine au Pont-Neuf. Au XVIII[e] siècle, on construisit une pompe hydraulique au pont Notre-Dame, et, plus tard, les pompes à feu à Chaillot et au Gros-Caillou.

Mais le fleuve se souillait de plus en plus par les déjections de toutes les eaux sales et impures dont il était l'unique réceptacle; Belgrand, vous le savez, entreprit résolument le double problème de fournir de l'eau pure à Paris, et de le débarrasser de ses eaux d'égout.

S'inspirant des grands travaux de la Rome des Césars, il décida de doter Paris d'eaux de sources; il alla chercher celles de la Vanne à quelques kilomètres de Troyes, et celles de la Dhuys à Pargny.

Il songea à diluer les eaux d'égout dans un fort courant continu d'eau essentiellement pure, et il fit commencer les deux grands puits artésiens de la place Hébert et de la Butte-aux-Cailles, dans l'intention de déverser, à cet effet, leur jaillissement dans les canaux permanents d'évacuation.

Il sépara les canaux de distribution des eaux de sources qui, seules, doivent servir à l'alimentation, de ceux des eaux de rivière qui sont destinées aux services publics et aux usages industriels. Ces eaux de rivière comprennent non seulement l'eau de la Seine, mais aussi celle de la Marne et celle de l'Ourcq; cette dernière avait été dérivée précédemment pour alimenter le canal Saint-Denis. Quant à l'eau de Seine, une puissante machine, établie au pont d'Ivry, en amont de la ville, l'envoie à un réservoir construit sur la hauteur de Villejuif, d'où elle peut gagner, par une pente naturelle, les quartiers les plus élevés de la capitale.

Après la mort de Belgrand, ses éminents successeurs, s'attelant glorieusement au même rocher de Sysiphe, poursuivirent les études et les travaux propres à augmenter les ressources, à mesure que s'accroissent les exigences de la population et les besoins de l'assainissement. Ils viennent de terminer les gigantesques opérations de l'adduction de l'Avre; et actuellement les habitants de Paris peuvent disposer, par jour, de 650 000 m^3 d'eau, dont 200 000 sont fournis par les dérivations de sources.

C'est déjà insuffisant, nous le voyons, puisque chaque année, en été, faute d'un rationnement possible, on est obligé de faire, par roulement périodique, dans chacun des arrondissements, la substitution de l'eau de rivière à l'eau de sources; et la pénurie ira en s'accentuant davantage avec le tout-à-l'égout. Aussi s'occupe-t-on dès maintenant de nous doter des eaux du Loing et du Lunain pour pouvoir, en 1900, porter à 360 000 m^3 la consommation de l'eau de source, en même temps qu'on augmentera encore de 130 000 m^3 par jour la distribution de l'eau de rivière. Nous aurons ainsi plus de 940 000 m^3 d'eau, c'est-à-dire plus de 370 l par habitant et par jour: et on ne s'en tiendra pas là !

C'est en se livrant à la grande étude hydrographique du bassin de la Seine, pour reconnaître le régime d'alimentation sûr et permanent des sources qu'il projetait de dériver, que Belgrand fit les observations savantes et judicieuses dont il fit découler les lois de l'hydrologie souterraine ; et ce qu'il dressa comme modèle et comme type, pour la région qui nous intéresse directement, les Ingénieurs et les Savants du

Service de la Carte géologique de France le suivent pour les différents bassins qu'ils passent successivement en revue.

Notre outillage va donc s'améliorant de jour en jour, et nous pouvons nous lancer avec une confiance de plus en plus grande à la découverte de l'eau dans les assises profondes du sol.

Anciennement, l'homme ne s'établissait qu'auprès des sources ou sur le bord des rivières; ou bien, comme nous le révèlent les nombreux vestiges des travaux remarquables des Romains, ils détournaient les fleuves, les ruisseaux pour en amener l'eau à grands frais, dans leurs villes et jusque dans leurs camps. Aujourd'hui, l'être humain peut se fixer où il lui convient, même dans les déserts : la science lui donne le moyen de se procurer le liquide nécessaire à son alimentation et à la culture du sol.

L'eau souterraine qui fut d'abord eau de pluie, se transforme en s'infiltrant dans les couches géologiques : elle se minéralise au contact des roches, le plus souvent calcaires, qu'elle trouve sur son passage; et alors, pour me servir des expressions consacrées, elle devient lourde, crue, et le préjugé la signale comme indigeste : aussi, à quelques exceptions près, les eaux de la terre avaient leur procès tout fait, elles étaient irrévocablement bannies de l'alimentation humaine, à l'égal d'un poison lent, mais sûr. Il en est tout autrement maintenant, et on arrive à trouver préférable d'absorber les quelques centigrammes de carbonate ou de sulfate de chaux que contient un litre d'eau de puits profond, ne révélant aucune trace de germes micro-organiques, plutôt que de s'alimenter à une eau courante, superficielle, pauvre en sels calcaires mais par trop riche en bacilles de toutes sortes. Notre Comité consultatif d'hygiène a donné sa sanction à cette espèce de réforme bien rationnelle : car quel inconvénient peut-il y avoir à introduire dans l'organisme humain un à deux décigrammes de sels de chaux par l'absorption d'un litre d'eau, quand ces mêmes substances se trouvent à raison de 10, 13, 16, 17 pour cent dans les aliments quotidiens, tels que les salades, les légumes, les jaunes d'œuf et le lait?

Aussi le mouvement est donné! C'est aux nappes souterraines profondes que nombre de communes et de grandes habitations rurales de France vont prendre maintenant, presque exclusivement, toute l'eau dont elles ont besoin. Déjà, en Angleterre, de puissantes sociétés financières se sont fondées pour faire jouir de ces nouvelles ressources, des localités pourvues jusqu'alors seulement d'eaux de mares, de citernes, de sources ou de ruisseaux, toutes plus ou moins contaminées. L'exemple se suivra en France! Les grands centres de population ne trouveront peut-être que rarement, dans les assises perméables profondes, l'abondance suffisante pour satisfaire économiquement à toutes les exigences de leur service d'alimentation hydraulique; mais déjà plusieurs municipalités, faisant justice des anciens errements, n'ont pas hésité à séparer l'eau destinée aux services de la voirie, et aux usages industriels, de celle réservée aux besoins domestiques, pour ne puiser celle-ci que dans les nappes souterraines, et donner ainsi la preuve de leur sollicitude pour la sauvegarde de l'hygiène et de la salubrité publiques.

Gloire donc à la géologie! Gloire à l'hydrologie! Grâce à elles, nous

pouvons, Argonautes sans vaisseau, parvenir dans le sein de la terre, jusqu'à cette autre Toison d'Or, qui distribue partout la vie et la fécondité !

Mais, je le répète, ce n'est là qu'une seule des richesses cachées qu'il nous est réservé de découvrir : et, sans parler de toutes les couches minérales, des filons, des sources thermales et autres gisements précieux dont nous ne connaissons encore relativement qu'une partie infiniment petite, songez bien que nos explorations souterraines ne sont allées, par étapes, que jusqu'à peine 2 000 *m*, comme je l'ai dit au début; tandis que la route que nous aurions à faire pour bien connaître notre domaine, sur la longueur de son rayon, va au delà de six millions de mètres.

Il est donc absolument certain que, même dans les esprits les plus aventureux, il ne peut germer la conception du projet extravagant de la construction d'un puits colossal, d'un *puits de Babel* devant perforer la moitié du globe terrestre.

Mais ce qui cesse d'être téméraire, surtout avec les moyens pratiques que les progrès de la science perfectionnent chaque jour, c'est de songer à la création d'une Société universelle qui entreprendrait de pénétrer, aussi avant que possible, dans les mystères, les phénomènes, les actions qui ont concouru à la formation de notre planète et à sa constitution actuelle. Que de choses pourraient ètres vérifiées sans qu'il soit nécessaire d'atteindre des profondeurs inimaginables, et qui feraient cesser le désaccord entre les savants. Telle, par exemple, l'existence du feu central dont la croyance est basée sur l'accroissement progressif de la température du sol avec la profondeur, sur les éruptions volcaniques, les sources thermales, et qu'on arriverait tout aussi bien à expliquer, avec toutes les conséquences qu'on lui attribue, en considérant ces effets comme engendrés par le jeu combiné d'actions électriques, magnétiques et chimiques; l'intérieur de la terre qui a échappé jusqu'ici à nos investigations peut bien être comme un immense laboratoire, dans lequel le nombre infini de corps dont elle est constituée, réagissent les uns sur les autres, se décomposant, se recomposant, donnant lieu à des dégagements de chaleur, à des pressions dont nous n'avons l'idée que depuis les expériences modernes de MM. Moissan et d'Arsonval de l'Institut, de notre savant Collègue M. Pictet, etc.

Au point de vue de son origine, on suppose que la terre, comme tous les autres astres, a passé par les mêmes phases que le soleil, et que c'est par le refroidissement progressif de sa surface qu'elle a perdu son incandescence, son éclat et sa chaleur rayonnante : c'est possible! Mais savons-nous si toute la masse du soleil a été fluide, comme nous le supposons pour la terre? N'y a-t-il pas eu primitivement un noyau qui s'est consolidé, autour duquel se sont concentrées des masses métalliques réagissant les unes sur les autres pour produire des effets galvaniques considérables, transformant alors le roi des astres en un gigantesque four électrique, avec ses incandescences et ses températures infernales? Ces idées se trouvent en quelque sorte corroborées par cette nouvelle et admirable méthode de *l'Analyse spectrale*, laquelle, avec les Kirchhoff et les Cornu, nous démontre que la photosphère lumineuse du

soleil est enveloppée de vapeurs métalliques de fer, de nickel, de magnésium, etc., c'est-à-dire de la plupart des corps simples qui composent l'écorce terrestre : ces substances sont également les principaux éléments des météorites qui circulent dans le voisinage de notre planète, et en même temps ceux des roches lourdes qui paraissent dominer dans la profondeur du globe, et apporter leur contribution au chiffre, inexpliqué sans cela, qu'atteint la densité que nous lui connaissons.

Ne trouvons-nous pas encore une sorte de contradiction avec les idées les plus admises, dans la température glaciale des pôles, qui, par l'aplatissement de la terre, se trouveraient rapprochés de plus de 22.000 mètres du foyer central ? En leur appliquant ce qui n'est évidemment pas exact, la loi d'accroissement de la chaleur souterraine de nos régions, le thermomètre atmosphérique y marquerait plus de 600 degrés au-dessus de zéro. Ce chiffre qu'il est certainement facile de combattre par des considérations physiques et climatologiques, ne paraît cependant pas pouvoir être abaissé assez pour s'anéantir complètement ; et il vient, ce me semble, plaider aussi en faveur d'un puits d'études, aux dimensions titanesques, dont la place devra être choisie, précisément, aussi près que possible du pôle boréal, pour tirer parti de son grand rapprochement du centre de la terre.

Que la sagesse des nations, que de saines alliances entre les peuples les plus forts et les plus éclairés, imposent silence aux convoitises, aux ambitions, à la jalousie des gouvernants égoïstes qui ne veulent que briller dans l'histoire ! Que nos provinces n'entendent plus les gémissements de leurs sœurs martyres ! Nous cesserons bientôt de voir les fortunes publiques se gaspiller par les armées et les armements ; rien ne sera plus facile que de faire alors appel au concours de chaque pays. de chaque État, de chaque citoyen, pour réunir, obole par obole, le grand capital à consacrer annuellement à l'exécution de ce nouveau et grandiose projet : le moment venu, ce sera, j'en suis sûr, notre chère France qui se mettra à la tête de cette immense armée pacifique du monde entier, marchant à la conquête de son propre empire.

En attendant la réalisation de cette vaste conception, nous allons reprendre ici nos labeurs que je verrais se dresser devant moi comme une montagne infranchissable, si je ne me sentais bien fortement soutenu par les hommes dévoués dont vous m'avez entouré, et dont le talent et l'expérience sont à la hauteur de leur zèle et de leur énergie.

Avec l'aide de votre Bureau, de votre Comité et avec votre concours bienveillant à tous, les Ingénieurs Civils de la rue Blanche resteront les émules de ceux de la cité Rougemont et de leurs devanciers ; et nous nous préparerons utilement et courageusement dès aujourd'hui à gagner encore, dans le grand tournoi de 1900, les galons que nous avons su conquérir dans toutes les grandes luttes industrielles antérieures.

Nous devons unir tous nos moyens, toutes nos actions pour être forts ; rappelons-nous que la force est le premier facteur du travail et que c'est le travail qui mène au progrès : UNION, TRAVAIL, PROGRÈS ! voilà la devise qui doit être gravée sur les murs de notre nouvel Hôtel

Aussi, au moment d'ouvrir la première séance de 1897, je fais un chaleureux appel au zèle de chacun et à la bonne confraternité de tous, pour travailler en commun à la grandeur et à la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils de France. *(Applaudissements.)*

Messieurs, la séance est ouverte.

Présidence de M. Ed. Lippmann, Président.

A l'occasion du procès-verbal de la dernière séance, M. P. Regnard, appuyant pour sa part les très judicieuses observations présentées par M. G. Richard, au sujet du grand intérêt que présente, pour les mines de houille du Tonkin, l'emploi de nouveaux appareils, utilisant le combustible à l'état pulvérulent, croit devoir rappeler à ses Collègues que cette question a déjà été traitée devant la Société des Ingénieurs Civils, dans la séance du 2 avril 1875, par son ancien et regretté président M. A. Lavalley.

M. A. Lavalley, dans cette séance, présenta un four métallurgique dû au grand Ingénieur anglais Crampton, four brûlant du combustible à l'état de poussière.

S'il est juste de reporter à M. Crampton l'honneur de la première réussite dans une application aussi pleine d'avenir, il n'est pas sans intérêt de rappeler également que M. A. Lavalley a rendu justice aux efforts precédemment tentés dans cette même voie par d'autres Ingénieurs, notamment par M. Corbin-Desboissières.

Des essais ont même dû être pratiqués sous la direction de M. Polonceau, sur une chaudière de locomotive, vers cette même époque, c'est-à-dire il y a plus de vingt ans.

Sous réserve de cette addition, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de M. Maurice Franck, membre de la Société depuis 1879, directeur des Salines de Dax et de Sainte-Valdrée.

M. le Président a le plaisir de faire part des distinctions et nominations suivantes :

M. L. Martin a été nommé officier de la Légion d'honneur;

M. L. Eyrolles a été nommé officier d'Académie.

MM. L.-A. Liébaut et A. Parent ont été réélus membres du Conseil supérieur du Travail;

M. L.-Ch. Frémont a été nommé membre de la Commission d'essai des matériaux;

M. P. Boubée a été élu pour 1897, président du Collegio degl' ingegneri ed architetti de Napoli;

M. A. Cottrau a été nommé membre du Conseil supérieur de l'Industrie et du Commerce du royaume d'Italie.

Parmi les prix décernés par l'Académie des Sciences :

M. G. Darrieus a obtenu un prix de 1 000 *f* pour son ouvrage sur le Perfectionnement de nos forces navales;

M. E. Cacheux a obtenu le Prix Montyon, pour ses travaux sur l'hygiène ouvrière et le sauvetage;

M. Ch. Frémont a obtenu le Prix Trémont, pour l'ensemble de ses expériences sur le travail des métaux, notamment sur l'opération du poinçonnage, sur les efforts qu'il exige, les forces et les déformations qu'il produit à l'intérieur du métal.

MM. L.-A.-E. Durant et A. Lencauchez ont obtenu une médaille d'or de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, pour leur distribution de vapeur appliquée aux locomotives.

Ont été nommés membres des Comités départementaux de l'Exposition universelle de 1900 :

Marne, sous-comité de l'arrondissement de Reims, M. H. Portevin;

Seine-et-Marne, sous-comité de l'arrondissement de Melun, MM. Dufay, Foiret et Paponot; sous-comité de l'arrondissement de Coulommiers, MM. Dumont, Hallier; sous-comité de l'arrondissement de Fontainebleau, M. Montagnan; sous-comité de l'arrondissement de Meaux, MM. Henry Menier, Gaston Menier, J. Prevet.

Seine-et-Oise, sous-comité de l'arrondissement de Versailles, M. Jolly; sous-comité de l'arrondissement de Corbeil, MM. Chehet, P. Darblay; sous-comité de l'arrondissement de Pontoise, MM. Aimond, Bail;

Somme, sous-comité de l'arrondissement d'Amiens, MM. Cauvin, J. Rousseau; sous-comité de l'arrondissement d'Abbeville, M. Bricard.

Tarn, sous-comité de l'arrondissement d'Albi, M. Pérès; sous-comité de l'arrondissement de Castre, MM. Albert Rouvière, Schabaver.

Var, sous-comité de l'arrondissement de Draguignan, M. Cristiani;

Vienne, sous-comité de l'arrondissement de Châtellerault, M. Chéron; sous-comité de l'arrondissement de Montmorillon, M. Edoux.

Haute-Vienne, sous-comité de l'arrondissement de Limoges, M. Despaux;

Vosges, sous-comité de l'arrondissement d'Épinal, MM. Delatte, Ch. Vincent; sous-comité de l'arrondissement de Remiremont, M. Géliot;

Yonne, sous-comité de l'arrondissement d'Auxerre, M. Chambard.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus particulièrement l'ouvrage de M. L. Gonin, sur le *Mémorial des Travaux publics du canton de Vaud*, offert par l'auteur, et celui de M. Paul Dupuy sur *la Traction électrique*, offert par le Comptoir géologique.

M. le Président informe la Société :

1° Qu'une Exposition internationale d'hygiène, d'alimentation et d'art industriel, doit s'ouvrir en mars prochain, à Lille;

2° Qu'une exposition-hôtel doit avoir lieu à Nice, de février à mai;

3° Qu'une exposition internationale s'ouvrira à Bruxelles, le 24 avril 1897;

MM. les membres de la Société trouveront au Secrétariat tous les renseignements complémentaires dont ils pourraient avoir besoin.

M. le Président annonce qu'il a reçu avis de la création d'un office de renseignements techniques par la Société Industrielle du Nord de la France.

M. le Président informe les membres de la Société qu'il a reçu du Ministère du Commerce et de l'Industrie diverses lettres ayant trait à des travaux à exécuter à l'étranger, notamment les chemins de fer de Formose, le port de Saint-Sébastien (Brésil), le port de Rio Grande do Sul, et le chemin de fer de Costa Rica.

On pourra prendre connaissance de ces lettres au Secrétariat, où elles sont déposées.

M. le Président annonce qu'il a reçu de M. E. Simon, la lettre suivante :

« *Paris, le 2 janvier 1897.*

« Monsieur le Président,

» Indépendamment des questions techniques et économiques, dont elle n'a cessé de poursuivre l'étude depuis sa fondation, en dehors de l'appui moral et confraternel qu'elle doit à tous ses membres, la Société des Ingénieurs Civils de France a pour but « d'assister temporai- » rement, dans la limite de ses ressources, ceux qui seraient dans la » nécessité de réclamer ce concours » (§ 7 de l'article 2 des statuts).

» Malheureusement lesdites ressources sont par trop limitées; notre ancien et dévoué trésorier, M. Couriot, nous le montrait dans son dernier rapport où, sous le titre *fonds de secours*, ne figure au passif du bilan qu'une somme de 244,60 *f*. L'importance de notre nouvelle installation accentue encore cette insuffisance.

» Désireux d'appeler l'attention de nos Collègues sur cette situation et regrettant de ne pouvoir mieux faire, j'ai l'honneur de vous remettre inclus, pour le fonds de secours, les cinq coupons ci-joints de notre emprunt, échus le 1er courant.

» Veuillez agréer, etc.

» Édouard Simon. »

M. le Président remercie M. E. Simon de sa générosité.

M. le Président a reçu de nos nouveaux membres honoraires, MM. de Witté et Prince Chilkoff, des lettres de remerciements au sujet de la nomination dont ils ont été l'objet.

Enfin les télégrammes suivants ont été échangés entre le Président-Directeur de l'Institut des Ingénieurs Civils russes et le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, à l'occasion de la nouvelle année.

« *Saint-Pétersbourg, 29 décembre 1896.*

» *L. Molinos, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France,*
19, rue Blanche, Paris.

» Assemblés au banquet annuel aux sons de la belle *Marseillaise*, les Ingénieurs Civils russes tendent leur main fraternelle aux camarades

français et portent un toast qui vient de la profondeur de leurs cœurs. Vive la France! vive le Génie Civil! vive le progrès!

» *Directeur de l'Institut des Ingénieurs Civils de l'Empereur Nicolas II,*

» Nicolas SOULTANOFF,

» *Président de la Société des Ingénieurs Civils,*

» Nicolas DMITRIEFF,

» *Président du banquet Alexandre Gueschwend.* »

« *Saint-Pétersbourg, 11 janvier 1897.*

» *Ed. Lippmann, Président de la Société des Ingénieurs Civils, 19, rue Blanche, Paris.*

» Veuillez transmettre Société souhaits, félicitations cordiaux.

» BELELUBSKY. »

» *Président-Directeur, Institut des Ingénieurs Civils russes, Saint-Pétersbourg.*

» Société Ingénieurs Civils de France profondément émue de votre télégramme fraternel, vous remercie chaleureusement et vous envoie ses souhaits sincères de nouvel an pour vous, votre Société et votre belle Patrie.

» *Le Président* : L. MOLINOS. »

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Averly, R.-D. Bacot, L.-V. Benét, P. Ducastel, J.-E.-G. Duvignaud, A.-E. Foiret, L.-H. de Frontin, H.-G.-E. Gaillard, E.-M.-Ch. Gondouin, P.-J. Hug, A. Lagrafel, A.-A. Lefebvre, Ch.-E.-M. Lefrançois, R.-F. Loreau, G.-D. Picard, P.-F. Yver, comme membres sociétaires.

MM. A.-P. Doyen, G. Roblot, J.-J. Sigaut, comme membres associés.

MM. A. Bellanger, P.-E. Bloch, E.-T. Carter, H. Chaigneau, M. Coutant, B. de Gonda, E. Guérin, sont reçus comme membres sociétaires.

MM. de Witté et le prince Chilkoff, sont nommés membres honoraires.

La séance est levée à 10 heures un quart.

Le Secrétaire,
G. BAIGNÈRES.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 22 JANVIER 1897

Présidence de M. Ed. LIPPMANN, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a reçu une lettre de M. Ch. Cleiren par laquelle notre Collègue, comme suite à la communication de M. F. Brard, croit utile, à l'exemple de M. G. Richard, d'attirer l'attention de la Société sur les appareils qui permettent de brûler les combustibles, friables ou non, sans qu'il soit nécessaire pour cela de les pulvériser. L'un de ces appareils, le foyer « Meldrum », très répandu en Angleterre et en Belgique, a été adopté, après un essai comparatif avec les autres systèmes, par la Compagnie des mines de Blanzy pour brûler des schistes et schlammes contenant jusqu'à 58 0/0 de cendres.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. John Aylmer, membre de la Société depuis 1875, Ingénieur Civil et électricien, officier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire part des décorations et nominations suivantes :

MM. Castelnau, Charliat, Cordeau, Forsans et Mamy ont été nommés officiers de l'Instruction publique.

MM. G. Baignères, Berlier, Brault, d'Esménard, Grosdidier, Jablin-Gonnet, Pesce, Pourcheiroux et Rival ont été nommés officiers d'Académie.

M. A. de Madrid Davila a été élu Président de la Société des Ingénieurs industriels de Barcelone.

MM. E. Marchand et J. Périchon ont été élevés au grade de Bey.

Ont été nommés membres du Bureau de la Chambre de Commerce pour l'année 1897 :

Président : M. Delaunay-Belleville; Vice-Présidents : MM. Couvreur et Suilliot; Secrétaire : M. A. Fumouze; Secrétaire-adjoint : M. E. Lourdelet; Trésorier : M. L. Claude-Lafontaine.

Ont été nommés membres des comités départementaux de l'Exposition de 1900 :

Seine-et-Marne, sous-comité de l'arrondissement de Coulommiers, M. F. Carré.

Vendée, sous-comité de l'arrondissement de Fontenay-le-Comte, M. A. Le Cler.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui est reproduite à la fin du présent procès-verbal.

M. le Président annonce qu'il a reçu de M. Cacheux, Président de la Société pour l'enseignement professionnel et technique des pêches maritimes, le sujet du concours ouvert par cette Société pour l'année 1897.

Il a également reçu de la Société de l'Industrie minérale de Saint-Étienne le programme des concours ouverts par cette Société dans les trois sections, mines, métallurgie, mécanique et construction.

La Chambre de commerce belge a fait parvenir à la Société une note relative à une adjudication publique, par voie de concours international, des travaux d'agrandissement du port d'Anvers.

Les renseignements relatifs à ces concours et à cette adjudication sont déposés au Secrétariat.

M. le Président a reçu d'un donateur qui désire garder l'anonyme et en souvenir de la fête du 14 janvier, une somme de 35 *f* destinée spécialement au fonds de secours. Il adresse, au nom de la Société, tous ses remerciements à ce généreux donateur.

M. le Président dit que notre Collègue M. L. Albertini, qui compte partir dans les premiers jours de février pour le Brésil, l'Argentine et l'Uruguay, se met à la disposition de ceux des membres de la Société à qui il pourrait être utile au cours de son voyage.

M. Louis Gérard a fait, à la date du 21 janvier 1897, le dépôt d'un pli cacheté.

M. le Président donne la parole à M. J. Bergeron pour sa communication sur les résultats des voyages de M. F. Foureau au point de vue de *la géologie et de l'hydrologie du Sahara méridional.*

M. J. Bergeron, répondant à l'appel fait par M. Ed. Lippmann dans sa communication du 20 novembre dernier, à tous ceux qui pourraient fournir quelques indications sur le sens de la venue des eaux de l'Oued Rir', expose le résultat des observations faites par M. F. Foureau, l'explorateur bien connu du Sahara méridional. Il a eu, en effet, entre les mains les échantillons de roches et de fossiles rapportés par M. F. Foureau, offerts par lui au laboratoire de Géologie de la Sorbonne où ils ont été déterminés par M. Munier-Chalmas; de plus, M. Foureau a communiqué à M. J. Bergeron, avec la plus grande amabilité, tous les renseignements relatifs à la géologie et à l'hydrologie de ce pays.

Après avoir rappelé rapidement les caractères des bordures occidentale, septentrionale et orientale du Sahara algérien, M. J. Bergeron en décrit la région méridionale dont les couches plongent toutes vers le nord. A partir de l'El Djoua, au Crétacé supérieur succèdent des grès carbonifériens (au milieu desquels il y a des traces de charbon) et dévoniens; ces couches paléozoïques sont orientées N.O.-S.E.; c'est l'orientation des principales vallées dans le Tassili (plateau) des Azdjer.

Les hautes régions de ce plateau reçoivent beaucoup d'eau et même de neige; parfois même les oueds se transforment en torrents impétueux. L'eau suit la direction des couches paléozoïques; et si elle disparait sous les sables de l'erg d'Issaouan, elle reparait à Timassinin sous forme

d'eau jaillissante; il est très vraisemblable qu'elle suit souterrainement l'Igharghar pour arriver dans l'Oued Rir'.

Au contraire, la haute vallée de l'Igharghar est toujours à sec; les eaux descendant de l'Ahaggar coulent dans le lit de cet oued à peine jusqu'à Ideles.

Vers l'ouest, l'Oued Mia est très riche en eau dont la présence se décèle par la végétation que l'on rencontre dans cette vallée qui va rejoindre l'Igharghar pour former l'Oued Rir'. Celui-ci semble donc formé souterrainement par la réunion des eaux venant de l'Oued Mia et du Tassili. L'Oued Igharghar avec ses affluents, correspond à un bassin de réception considérable dont une faible partie lui fournit ses eaux.

D'après ces données, le transsaharien devrait suivre l'Oued Mia, remonter l'Igharghar jusqu'à Timassinin pour gagner le Tassili et non la haute vallée de l'Igharghar.

Ces résultats des explorations de M. F. Foureau, sont assez intéressants au point de vue de notre pénétration dans l'Afrique centrale pour mériter d'être signalés ici.

M. le Président remercie M. J. Bergeron de son intéressante communication et est très heureux de l'avoir provoquée, puisqu'elle a donné aux membres de la Société le plaisir d'entendre l'éminent professeur de l'École Centrale. En même temps, M. le Président constate avec satisfaction, que dans la communication qu'il avait présentée, il n'avait fait qu'entrevoir l'origine des eaux dans le sud, et que les observations de M. Foureau viennent confirmer cette hypothèse.

M. le Président donne ensuite la parole à M. E. Duchesne pour sa communication sur *la Chaudière militaire marine.*

M. E. Duchesne, après avoir énuméré les conditions que doit remplir la chaudière marine type, examine par quels moyens il est possible de réaliser les qualités requises :

1° Pour que les chaudières soient robustes et ne présentent aucunes chances d'explosion, il faut qu'il n'existe pas de points faibles et que les parties exposées au feu ne puissent se trouver sans eau;

2° Pour que la chaudière ne soit pas trop haute, il faut que toutes les parties qui la composent tiennent les unes aux autres avec le moins possible d'emplacement perdu, et qu'il ne soit pas nécessaire d'en faire le tour pour la surveiller ou la réparer;

3° Pour être capable de fournir, à un moment donné, une grande quantité de vapeur sèche, il faut que la chaudière soit disposée de telle manière que le dégagement de la vapeur se fasse avec facilité, et que la surface évaporatoire soit assez vaste ;

4° Il faut que la chaudière soit légère, et cette condition sera remplie en exposant à l'action du feu la plus grande partie des pièces constituant le générateur;

5° Pour qu'une chaudière puisse supporter les plus brusques changements d'allure, il faut que les dilatations se fassent librement, et l'on y arrive en maintenant par une extrémité seulement les pièces soumises à l'action du feu. Il importe également que le mouvement d'ascension et de dégagement des bulles de vapeur se fasse facilement;

6° Pour qu'une chaudière soit d'une conduite facile, les grilles doivent être larges, mais peu profondes, l'alimentation et les extractions faciles; les boues et les sels doivent se déposer en des endroits accessibles et non dangereux, le volume total d'eau doit être assez considérable, et le plan d'évaporation d'eau d'une assez grande surface.

Pour que les réparations soient faciles, il faut que les joints se démontent rapidement;

7° Pour être mise en état de servir efficacement dans le minimum de temps, une chaudière marine doit se composer de parties faciles à enlever et à remplacer; on atteint ce résultat en la composant du plus grand nombre possible de pièces identiques interchangeables;

8° Il faut économiser le combustible pour donner au navire son plus grand rayon d'action. On y arrive en utilisant au mieux le charbon étendu sur les grilles et en s'efforçant d'éviter les déperditions inutiles de chaleur;

9° Enfin la chaudière marine militaire doit être d'un prix abordable.

Depuis quelques années, la Marine française a essayé un nouveau type de générateur aquatubulaire qui semble réunir toutes les conditions qui ont été passées en revue, et les réparations se font avec une rapidité vraiment extraordinaire. M. Duchesne donne la description détaillée de ce nouveau générateur, qui est dû à M. Niclausse, et il termine en disant qu'il sera heureux de recevoir les observations de ceux des membres de la Société qui auraient été mis à même d'étudier de près cet appareil.

M. le Président remercie vivement M. Duchesne du remarquable travail qu'il vient d'exposer, et qui sera inséré *in extenso* au *Bulletin*. Il croit ne pas devoir ouvrir immédiatement la discussion sur cette question, d'autant que M. L. de Chasseloup-Laubat doit présenter prochainement une communication sur les chaudières marines anglaises et françaises : ce sera alors le moment de donner la parole aux membres de la Société qui auraient à faire quelques observations ou à demander des explications sur le programme énoncé si clairement par M. Duchesne, et qui parait avoir été rempli par notre Collègue M. Niclausse dans le générateur dont la description vient d'être donnée.

M. le Président donne la parole à M. G. Baignères pour sa communication sur *le matériel électrique de manutention dans les chemins de fer.*

M. G. Baignères après avoir donné quelques renseignements au sujet de la remarquable installation hydraulique de la gare Saint-Lazare fait ressortir les avantages que les industriels ont trouvés à l'installation de transmissions électriques dans leurs ateliers. Les chemins de fer ont suivi le progrès en appliquant la manœuvre électrique à certains engins tels que les chariots transbordeurs, les plaques tournantes, les treuils, les grues, les monte-charges, etc.

M. G. Baignères fait connaitre sommairement les différents systèmes de distribution et aborde ensuite l'examen d'un certain nombre d'engins de manutention en usage tant en France qu'à l'étranger.

De cet examen il résulte que l'énergie électrique fournit une solution

éminemment pratique pour actionner tout le matériel que comporte une grande gare de chemin de fer.

M. le Président félicite M. G. Baignères d'avoir si bien initié les membres de la Société à la grande et rapide extension qu'a prise l'application de l'électricité à la manutention des gares de chemin de fer. En passant en revue les principaux appareils construits et utilisés sur tous les points du globe, il constitue un véritable recueil technique qui sera consulté avec grand intérêt par tous les praticiens.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. G.-P. Trouvay, A.-L.-M. Dupont, E.-G. Evers, R.-J.-E. André, Ch.-H. Andry-Bourgeois, L.-M.-A. Ballaud, J.-E.-C. Barberot, J.-P. Bernard-Dutreil, V.-A. Bidet, P.-C.-P. Bornet, A.-E. Calmettes, E.-A. Campagne, L. Cochet, E. Dénoyer, A.-F.-L. Frébourg, L.-L.-M. Gentil, L.-Ch. Girodias, P. Goedkoop, Ch. Gourgoulin, G.-D. Grosclaude, P.-F. Guillemot, A.-G. Husquin de Rhéville, J.-M.-L. Huvé, J. de Kannegiesser, H.-M.-G. Labbe, A. Labussière, E. Lahaye, Ch.-G. Lambert, A.-A. Lambert, H.-M.-P. Lecler, J. Le Cœur, L.-E.-L. Lemal, V. de Lespinats, E.-J. Marty-Martineau, A. Mauguin, S. Ménard, E. Mertz, Ch.-F.-R. Des Moutis, P.-C. Nicolle, J. Poulet, P. Roger, R. Samson, J. Sussfeld, F.-A. Taillefer, Ch. Talansier, P. van de Wetering, E. Rousselot, Ch. Chapat, L. Couffinhal, H. Hanoteau, E.-A. Iwatts, P. Juppont, A.-G. Mestayer, J.-A.-M. Michalon, J.-L.-V. Cubain, comme membres sociétaires, et de MM. A.-A. Appert, E.-J. Cerisay, A.-J. Dumesnil, E. Geoffroy, J. Houbert, H.-J. Murat, E. Pinget, L.-A. Varigard, A. Vivinis, F.-Ch.-M. Eissen et J.-C. Dietz comme membres associés.

MM. A. Averly, L.-V. Benêt, P. Ducastel, A.-E. Foiret, L.-H. de Frontin, P.-J. Hug, A. Lagrafel, G.-D. Picard, R.-D. Bacot, J.-E.-G. Duvignaud, H.-G.-E. Gaillard, E.-M.-Ch. Gondouin, R.-F. Loreau, P.-F. Yver, A.-A. Lefebvre et Ch.-E.-H. Lefrançois sont reçus membres sociétaires, et MM. A.-P. Doyen, G. Roblot et J.-J. Sigaut membres associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
G. Baignères.

RÉSULTATS
DES
VOYAGES DE M. FOUREAU
AU POINT DE VUE
DE LA GÉOLOGIE ET DE L'HYDROLOGIE
de la région méridionale du Sahara algérien

PAR

M. JULES BERGERON

Dans la séance du 20 novembre dernier (1), M. Ed. Lippmann nous a fait une fort intéressante communication sur *les forages artésiens du Sahara,* communication dans laquelle il donne les raisons pour lesquelles il se range à l'avis de ceux qui font venir de la région méridionale les nappes artésiennes de l'Oued Rir'. Répondant à l'appel qu'il adresse à tous ceux qui pourraient fournir quelque indication à ce sujet, je viens exposer les résultats des voyages entrepris par M. F. Foureau dans le Sahara méridional depuis l'année 1876 jusqu'à l'année dernière. En effet, grâce aux documents de toutes sortes qui ont été rapportés par cet intrépide explorateur, nous possédons maintenant quelques données précises sur le pays des Touareg Azdjer notamment en qui concerne la géologie et l'hydrologie.

Les échantillons de roches et de fossiles que M. F. Foureau a rapportés de ses nombreux voyages ont été offerts par lui au laboratoire de géologie de la Faculté des Sciences où ils ont été examinés par M. Munier-Chalmas. En tenant compte des déterminations du savant professeur de la Sorbonne et des renseignements très précis que M. F. Foureau m'a fournis avec une obligeance bien connue de tous ceux qui se sont adressés à lui et dont je tiens à le remercier publiquement, j'ai groupé quelques faits qui me semblent avoir une certaine importance au point de vue de l'origine des eaux artésiennes de l'Oued Rir', comme au point de vue de notre extension dans la région méridionale du Sahara.

(1) *Bulletin* de novembre 1896, p. 683.

Mais, avant d'exposer ces faits, je crois bon de rappeler en quelques mots les caractères de la région dont il va être question (1). La partie du Sahara qui borde l'Algérie vers le sud et que l'on désigne parfois, pour cette raison, sous le nom de Sahara algérien, est divisée en deux régions naturelles par une zone montagneuse orientée sensiblement N.-S. avec légère inflexion vers l'est. De ces deux régions la seule dont nous ayons à nous occuper est celle de l'est dont la partie basse est occupée par les chotts (chott Melrir, chott Djerid, etc.).

Elle est bordée à l'ouest par la zone montagneuse dont je viens de parler. Celle-ci est constituée par la série des terrains crétacés supérieurs, qui plongent vers l'est et qui offrent quelques niveaux perméables; ce sont là de bonnes conditions au point de vue des sondages à entreprendre dans la partie orientale du Sahara algérien, mais les pluies y sont peu abondantes, sauf vers l'extrémité méridionale. La cote des points culminants de cette zone varie de 450 *m* à 750 *m*.

Ce sont les montagnes de l'Atlas algérien (monts du Zab, Djebel Aures) qui forment la bordure septentrionale; elles correspondent à des régions où les plis sont fort nombreux et orientés, d'une manière générale, du S.-O. au N.-E. Je n'entrerai pas dans l'étude de ces plis; je me contenterai de signaler ce fait qui ressort de l'examen des cartes géologiques, que les horizons géologiques sont d'autant plus récents que l'on s'éloigne davantage de la région montagneuse pour gagner la région saharienne. Cette disposition indique que les couches plongent vers le sud. De plus, la pente est très rapide, les cotes passant de 2 000 *m* environ (Djebel Aures) à — 31 (chott Melrir) sur une longueur de 45 *km* environ. Nous retrouvons encore les mêmes conditions que sur la bordure occidentale.

M. Lippmann doute (2) que cette région bordière septentrionale puisse fournir des eaux artésiennes parce qu'elle reçoit peu d'eau de pluie et il cite à l'appui de cette opinion le fait que les forages entrepris au nord du chott Melrir et poussés à de grandes profondeurs n'ont pas donné d'eau. Il me semble que certains faits bien connus et qu'il rappelle d'ailleurs d'après M. Rolland (3), sont en contradiction avec sa manière de voir. En effet, les montagnes qui servent de bordure immédiate

(1) La meilleure carte de cette région est celle au 1/2 000 000 du service de l'armée.
(2) *Bulletin* de novembre 1896, p. 701.
(3) *Bulletin* de novembre 1896, p. 700.

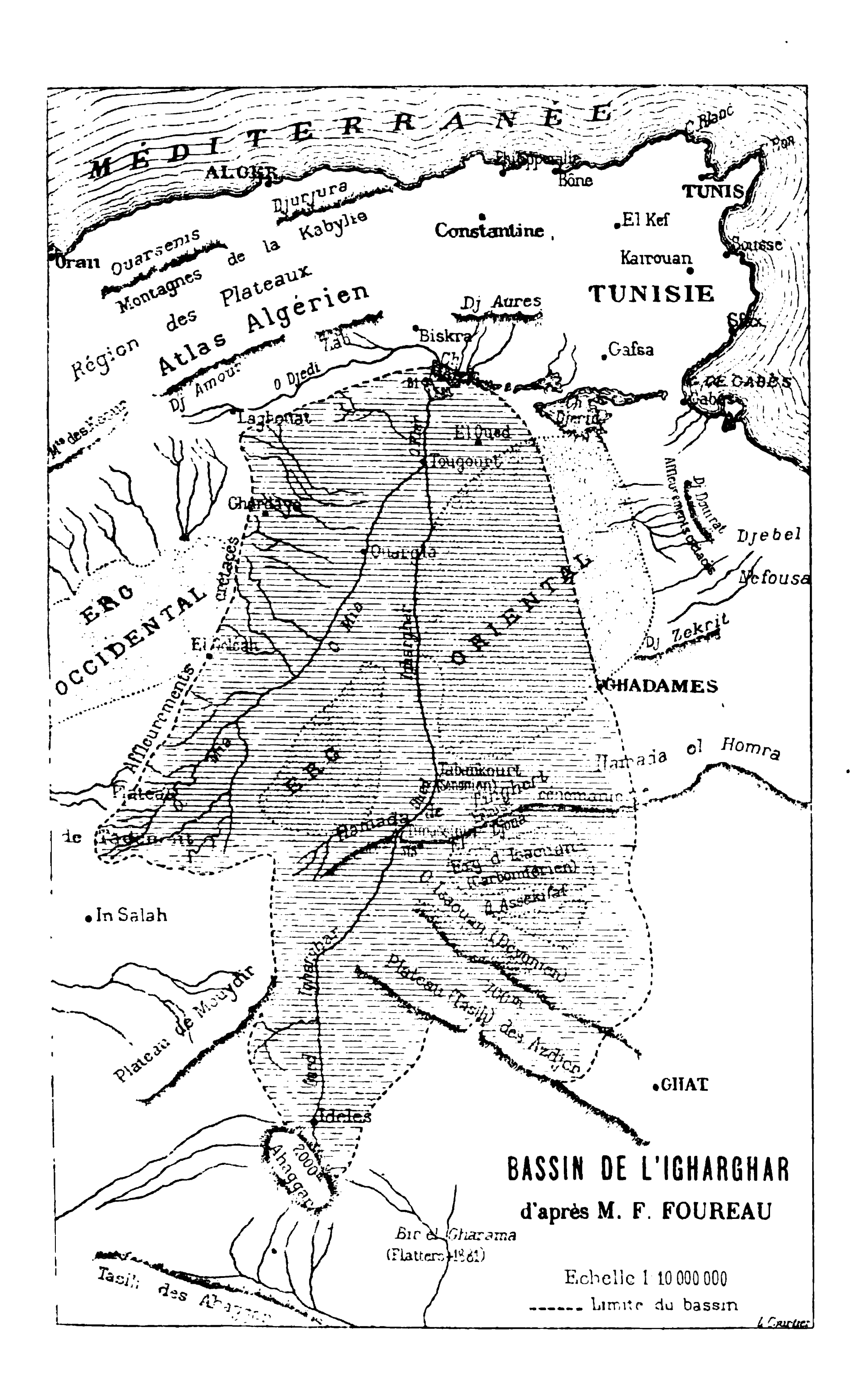
au Sahara atteignent et dépassent 2 000 *m*: elles s'élèvent au-dessus des montagnes de la petite Kabylie (1 500 *m*) et, par suite, peuvent recevoir directement les vapeurs venant de la Méditerranée. Ce fait est confirmé, d'ailleurs, par l'existence de nombreux oueds descendant des montagnes vers le Sahara. Plusieurs de ces cours d'eau débitent, dans la saison des pluies, de grands volumes d'eau. Il est vrai que ces eaux disparaissent le plus souvent et assez rapidement sous des sables ou dans le sol; mais ces faits suffisent pour qu'on puisse affirmer, d'une part, qu'il y a des précipitations atmosphériques assez abondantes sur ce versant méridional et, d'autre part, que ces eaux doivent descendre souterrainement vers le sud, étant donnée l'allure des couches. Elles peuvent donc se retrouver en profondeur sur le bord septentrional du Sahara. D'après M. Rolland (1) on connaît de nombreuses sources sortant des atterrissements sahariens, mais dont l'origine est due à des venues d'eau s'échappant des calcaires crétacés fortement redressés.

Quant au fait que les forages entrepris au nord du chott Melrir n'ont rien donné, ne pourrait-il s'expliquer par le caractère variable de certaines roches qui, naturellement imperméables, ne deviennent perméables qu'autant qu'elles ont été fissurées à la suite d'accidents géologiques? C'est le cas, notamment, pour bien des calcaires crétacés de la France; peut-être est-ce le cas encore dans cette région de l'Algérie.

Si nous continuons l'étude de la bordure de la dépression saharienne orientale, nous voyons que, vers l'est, elle est encore formée par des collines crétacées qui plongent vers l'ouest (Dj. Douarat, Dj. Nefousa, Dj. Zekrit). A s'en rapporter à la carte, où de rares oueds sont tracés, il semble qu'il y ait peu d'eau dans cette région : cependant les vents venant de la mer y amènent des vapeurs qui doivent s'y condenser. Mais si l'on n'y voit pas de cours d'eau, cela tient, sans doute, à l'abondance des sables qui recouvrent le sol, car c'est la partie orientale du grand erg ou région des dunes du Sahara. Mais il est vraisemblable que les couches crétacées dont les affleurements reçoivent les eaux de pluie, les conduisent en profondeur vers le centre du bassin. On connaît quelques sources sortant au milieu des sables; il est probable qu'ici, comme sur la bordure septentrionale, ce sont des eaux qui proviennent des calcaires crétacés sous-jacents.

Nous voyons donc que de trois cotés: à l'Ouest, au Nord et à l'Est,

(1) *Hydrologie du Sahara algérien*, 1894.



BASSIN DE L'IGHARGHAR
d'après M. F. FOUREAU
Echelle 1 10 000 000
------ Limite du bassin

les couches plongent vers le centre du bassin. Il en est de même pour la bordure méridionale, celle sur laquelle M. F. Foureau nous a fourni des renseignements nouveaux.

Cette bordure méridionale est constituée par une région montagneuse dans laquelle on peut distinguer deux parties : un plateau ou Tasili des Azdjer qui atteint une cote de près de 700 *m* et, plus au sud, le massif de l'Ahaggar dont les sommets dépassent 2 000 *m*. Entre cette région montagneuse et le chott Melrir au nord, le sol est peu accidenté; c'est une sorte de plaine s'étendant sur une longueur de 900 *km* environ du nord au sud. En partant du chott Melrir, à la cote — 31 le sol est ondulé tantôt à découvert, tantôt recouvert par un sable plus ou moins fin qui forme des dunes dont la hauteur est assez variable. Ce sont les régions sableuses qui ont été pendant longtemps considérées comme caractéristiques du désert, alors qu'elles ne sont, comme l'a dit M. Lippmann, que la conséquence de la sécheresse qui est vraiment caractéristique du désert. Ce sol s'élève en pente douce jusqu'au bord septentrional du plateau pierreux ou hamada de Tinghert, à la cote de 360 *m* environ (1).

Là où le sol n'est pas recouvert par le sable, on reconnaît des assises pliocènes (lacustres), miocènes, éocènes et crétacées; elles sont souvent cachées sous les atterrissements sahariens d'époque quaternaire ou actuelle. C'est surtout vers le sud que se montrent les affleurements crétacés : le Sénonien riche en Ammonites indéterminables, vu leur état de conservation, et surtout en Oursins du groupe des Cyphosomes, est visible dans les oueds, sous les sables de l'erg, notamment vers la limite méridionale de cette région sableuse, du côté de Tabankourt.

Le plateau du Tinghert atteint graduellement la cote de 590 *m*. Il est formé d'assises crétacées dont l'âge est difficile à préciser, vu la mauvaise conservation des fossiles. Quelques Ammonites pourraient être turoniennes. La falaise qui borde ce plateau vers le sud est constituée à sa partie supérieure par du Cénomanien qui doit s'étendre dans ce plateau sous les autres étages du Crétacé supérieur : les huitres caractéristiques, notamment *Ostrea flabellata*, *Os. olisoponensis*, y sont reconnaissables. Cette falaise cénomanienne s'étend vers l'est et vers l'ouest où elle surplombe Timassinin.

(1) Les cotes que je donne sont celles relevées par M. F. Foureau aux points par lesquels il a passé. Elles peuvent différer des cotes moyennes généralement admises; néanmoins, les caractères hypsométriques des régions parcourues restent les mêmes.

Sous le Cénomanien, dans cette même falaise, se voient des argiles et des gypses attribués jusqu'à présent à ce même étage, mais qui appartiennent peut-être au Trias.

L'El Djoua, qui s'étend au pied de la falaise bordant le plateau de Tinghert, est une dépression qui a dû servir de lit à un cours d'eau coulant de l'est à l'ouest.

Au sud de cette dépression le sol devient plus accidenté. Il est formé encore pendant quelque temps par les marnes et les gypses inférieurs aux calcaires cénomaniens; puis commence une série de bancs calcaires et de grès. Les affleurements disparaissent très fréquemment sous les dunes de sable de l'Isaouan. Ces calcaires sont parfois très riches en fossiles carbonifériens : *Productus* voisins de *Pr. cora*, *Spirifer*, *Chonetes* et gastropodes nombreux; les débris d'encrines sont particulièrement abondants. Très fréquemment ces fossiles sont usés, polis par le frottement du sable. Les grès sont riches en débris de végétaux, notamment de *Lepidodendron* (1). Souvent ces végétaux ont été moulés en limonite. Il est à remarquer, d'ailleurs, que dans le Carboniférien comme dans le Dévonien, la limonite est très abondante.

Ce qu'il y a de plus curieux dans ces grès, c'est la présence de traces de charbon ; c'est la première fois que dans le Carboniférien de la région saharienne, on rencontre ce combustible. Mais ce ne sont que des traces, et il serait très intéressant de savoir si ce charbon se trouve en plus grande quantité. Malheureusement, comme je l'ai déjà dit, les sables de l'erg d'Isaouan couvrent une très grande partie de ces affleurements carbonifériens, ce qui rend toute recherche difficile, sinon même impossible.

Le Carboniférien occupe une grande surface ; ses affleurements s'arrêtent à peu près au niveau de l'oued Assekkifaf. A partir de cette dépression, ce sont d'autres grès caractérisés par une faune dévonienne. Ils n'ont été reconnus par M. Foureau que jusqu'à l'altitude de 640 *m* dans l'oued Izecrate, point terminus atteint par lui. S'il ne nous a pas fourni de renseignements sur les régions situées plus au sud, c'est que les Touareg Azdjer, malgré tous leurs engagements antérieurs, n'ont jamais voulu le laisser passer plus loin.

D'après des renseignements (2) fournis par Duveyrier et par le

(1) M. Zeiller (*Rev. Gén. des Sc.*) range cette flore dans le Culm, à la base du Carboniférien.

(2) On connaissait déjà, avant les voyages de M. Foureau, la présence dans les massifs montagneux du Sahara méridional des terrains cristallins, du Dévonien et du Carboniférien, mais on ignorait leur allure et leur répartition.

colonel Flatters, on sait que le massif du Ahaggar est formé de terrains cristallins que traversent des roches éruptives comparables aux basaltes tertiaires.

De ce qui précède, nous pouvons tirer la conclusion suivante : toutes les couches de la bordure méridionale du Sahara algérien plongent du sud vers le nord.

Donc elles se trouvent dans les conditions voulues pour amener les eaux qui tombent sur le Tasili et autres régions élevées vers le nord. D'après ce qui précède, cette allure est la même pour toutes les bordures de la partie orientale du Sahara algérien ; donc celle-ci est une vraie cuvette et, théoriquement, elle se trouve dans les meilleures conditions pour qu'on y trouve des eaux artésiennes abondantes dans ses parties les plus basses, c'est-à-dire dans la région du Chott Melrir et de l'Oued Rir'.

Il est encore à noter que la direction générale des couches carbonifériennes et dévoniennes aux affleurements est sensiblement N. 35° à 40° O. C'est, d'ailleurs, la direction des falaises qui bordent les nombreux oueds de la région du Tasili.

Au point de vue de l'hydrologie de ces hautes régions, les renseignements de M. F. Foureau n'ont pas moins d'intérêt.

Le climat y est relativement humide ; M. F. Foureau a vu tomber la pluie à plusieurs reprises et en assez grande quantité pour pénétrer jusqu'à une profondeur de 0m 50 dans les sables de l'erg. Il est vrai que l'hiver 1893-1894, durant lequel il a fait son voyage, était particulièrement pluvieux. Mais, cependant, il est certain que ces régions élevées sont assez humides. Parfois, dans des oueds parfaitement à sec au moment où on les parcourt, on voit des troncs desséchés, accrochés dans les anfractuosités des rives, ce qui ne peut s'expliquer qu'autant que les courants ont été assez puissants pour entraîner ces troncs et les crues assez hautes pour les porter à plusieurs mètres du sol. Étant donnée la largeur de ces oueds qui peut dépasser un kilomètre, on voit que les masses d'eau qui tombent sont considérables. Ces crues se produisent encore de nos jours, car M. F. Foureau a pu constater que, dans l'intervalle de deux de ses passages (octobre 1893-mars 1894), l'oued Itel et l'oued Chaaba avaient fourni un débit d'eau capable de raviner leur lit. Elles sont irrégulières et très redoutables, car elles transforment momentanément en torrents impétueux des oueds que l'on a l'habitude de suivre comme chemin ;

ces oueds, à la suite de semblables crues, deviennent impraticables pour longtemps.

Si les pluies abondantes peuvent avoir leurs inconvénients, il est bien certain néanmoins qu'elles seules rendent possible, à une certaine distance des montagnes, la formation de mecheras ou mares temporaires dans lesquelles on trouve de l'eau, même plusieurs semaines après la saison des pluies.

Dans les parties hautes, les eaux sont abondantes, ce qui s'explique par la fréquence des pluies ou des chutes de neige. Les hauts sommets du Tasili sont recouverts de neige à peu près tous les hivers; il est même certaines années où celle-ci séjourne longtemps sur le sol, au dire des Touareg. Il en est de même pour les sommets de l'Ahaggar qui ont été vus couverts de neige.

Ces eaux provenant de chutes de pluie ou de neige se maintiennent plus ou moins longtemps comme eaux courantes dans les oueds. Elles finissent par disparaître après avoir diminué d'importance à mesure qu'elles descendaient vers le nord, mais une grande partie a disparu déjà dans le sol, quand leur débit superficiel devient nul. Les eaux ainsi absorbées vont former des nappes à une profondeur plus ou moins grande; ce sont les seuls réservoirs des régions basses du Sahara.

Les grès paléozoïques du Tasili sont d'excellents sédiments au point de vue de l'absorption des eaux; de plus, ils sont situés dans les régions hautes. Ils reçoivent donc beaucoup d'eau et forment de vrais réservoirs. De plus, étant donnée leur direction N.-O — S.-E., ils doivent amener souterrainement les eaux qu'ils ont absorbées, jusqu'au niveau de l'oued Igharghar, ainsi que l'indique l'allure générale des oueds du Tasili.

Cette manière de voir semble confirmée par ce fait qu'au niveau de la rencontre de l'oued Issaouan et de l'oued Igharghar, on trouve à Timassinin des eaux jaillissantes.

Mais nous savons qu'à partir de Timassinin les couches paléozoïques sont recouvertes par le Crétacé. Celui-ci va protéger les eaux qu'elles renferment contre l'évaporation et, étant donné le plongement des couches vers le nord, les eaux pourront s'infiltrer souterrainement en prenant cette même direction. Il n'y a donc aucune raison pour qu'elles ne s'avancent pas ainsi jusqu'au niveau de l'oued Rir' qui n'est que le prolongement de la partie N.-S. de l'oued Igharghar inférieur.

Les faits observés par M. F. Foureau justifient donc pleinement l'hypothèse que les eaux de l'oued Rir' viennent du sud, hypo-

thèse à laquelle s'est rallié M. Lippmann et que M. F. Foureau a émise (1) à la suite de son voyage d'octobre 1893 à mars 1894.

Les eaux de l'oued Rir' peuvent encore être alimentées par l'oued Mia, qui descend également des montagnes du sud, du plateau de Tademait. Dans toute sa partie haute, l'oued Mia est un vrai cours d'eau; puis il coule souterrainement sur une très grande longueur; mais on peut constater la présence de ses eaux à la belle végétation qui occupe le fond de son lit. Cet oued Mia va rejoindre le bas Igharghar au niveau de Tougourt. Les eaux souterraines suivant le plus souvent les oueds, ce qui est naturel puisque les eaux ont une tendance à toujours suivre les lignes de plus grande pente, auxquelles correspondent les vallées, il est très vraisemblable que les eaux venant du plateau de Tademait se joignent, au niveau de Tougourt, sinon même bien avant, à celles que nous avons vues descendre du Tasili; elles augmentent d'autant les eaux de l'Igharghar.

De la sorte, l'oued Rir' qui n'est, en réalité, que le bas Igharghar, semble drainer à lui toutes les eaux de la bordure méridionale du Sahara algérien.

Au point de vue hydrographique, l'oued Igharghar possède un bassin considérable. M. F. Foureau lui attribue un minimum de 46 degrés carrés; dans cette évaluation, il ne tient compte que des régions qui ont été reconnues comme tributaires de cet oued; mais dans toute la partie orientale du Sahara algérien, l'erg recouvre des oued qui, vraisemblablement, vont se jeter dans l'Igharghar; comme il se peut qu'ils se rendent vers le nord directement dans les chotts il n'en a pas été tenu compte; sans cela la surface du bassin de l'Igharghar devrait être augmentée d'un tiers. Même en lui attribuant une surface minima (2), le bassin de ce grand oued saharien serait de 570 000 *km* carrés; malheureusement à l'époque actuelle ce n'est qu'une très faible partie de ce bassin qui reçoit des précipitations atmosphériques.

Les dimensions considérables de l'Igharghar, comme d'ailleurs de tous les oueds du Sahara, la présence de troncs d'arbres silicifiés et l'existence de ruines dites villes romaines avaient amené à penser que le Sahara algérien avait joui d'un climat beaucoup plus humide jusqu'à une époque relativement récente.

(1) F. Foureau, *Rapport sur ma mission au Sahara et chez les Touareg Asdjer*, 1895, p. 152. Telle semble avoir été également l'opinion de Roche, Ingénieur des Mines attaché à la mission Flatters (documents relatifs à la mission dirigée au sud de l'Algérie par le lieutenant-colonel Flatters). — Ministère des Travaux publics, 1884, — p. 177 et 217.

(2) Sur la petite carte ci-jointe, c'est cette surface minima qui est couverte de hachures.

Mais en ce moment on semble plus porté à admettre l'opinion contraire. D'après MM. F. Foureau et Schirmer (1) les oueds auraient été creusés par des eaux torrentielles amenées par des crues comparables à celles qui se produisent de nos jours dans les hauts plateaux et ils n'auraient jamais été des rivières au cours régulier. Les troncs silicifiés appartiendraient à quelques bouquets d'arbres ayant formé des oasis distribuées le long de la bordure méridionale de l'erg. Enfin, les villes romaines retrouvées dans le désert et dont plusieurs ne sont vraisemblablement que des restes de cités berbères, paraissent avoir été cantonnées dans des oasis autour de points d'eau.

Peut-être faut-il remonter pour trouver le moment où la région saharienne a été complètement desséchée, jusqu'à la fin de l'époque quaternaire ou pléistocène. En effet, c'est alors que, par suite des effondrements de la mer Caspienne et de la mer d'Aral, une grande partie des eaux qui, depuis l'époque miocène, couvraient la région méridionale de la Russie et de la Sibérie occidentale, ont été rassemblées dans ces sortes de fosses. Dès lors, les vents du nord-est, qui doivent être fréquents puisqu'ils correspondent aux alisés, passant sur ces régions asséchées en grande partie, ne pouvaient plus se charger d'humidité et arrivaient d'autant plus secs sur le nord de l'Afrique que la température y était plus élevée. Cet état de chose n'a pu que persister pendant l'époque actuelle.

Cette théorie du dessèchement du Sahara, par suite de l'action continue des alizés déjà secs, a été soutenue par Peschel, T. Fischer et Grisebach; elle ne semble pas être en faveur actuellement (2) et on lui a substitué celle des moussons du sud et du nord luttant l'une contre l'autre, celle du nord c'est-à-dire celle qui est sèche, l'emportant sur l'autre qui serait humide. Le fait peut être vrai pour le Sahara en particulier; mais explique-t-il l'existence de la grande bande désertique traversant l'Asie et l'Afrique suivant une direction N.-E.-S.-O. ? La question n'étant plus de notre compétence, nous ne chercherons pas à y répondre.

Si, pour finir, nous cherchons quel parti on peut tirer au point de vue du tracé du Transsaharien des documents fournis par M. F. Foureau, nous voyons que loin de remonter le haut Igharghar où les eaux sont très rares et où elles ne coulent qu'exceptionnellement jusqu'au niveau d'Idelés, il faudrait s'avancer soit en

(1) *Le Sahara*, 1893, p. 120.
(2) Schirmer, *Sahara*, p. 24.

remontant l'oued Mia, soit en remontant l'Igharghar jusqu'à Timassinin, pour gagner, par la vallée d'Isaouan, la région riche en eau du Tasili. Mais, dans ce dernier cas, il faudrait éviter de suivre le fond des oueds, ceux-ci pouvant se transformer rapidement en torrents impétueux.

L'importance de ces conclusions, au point de vue de la direction à suivre pour pénétrer dans l'Afrique centrale, me semble capitale et je suis heureux de répéter que c'est aux études de M. F. Foureau que nous sommes redevables de ce nouveau progrès dans la solution du Transsaharien.

ÉTUDE SUR UN TYPE

DE

CHAUDIÈRE MARINE MILITAIRE

PAR

M. Ernest DUCHESNE

Depuis quelques années, les marins de tous les pays disent à qui veut les entendre que dans la prochaine guerre maritime, la victoire appartiendra aux flottes munies des meilleures chaudières.

Cet aphorisme, aujourd'hui, est passé à l'état d'axiome indiscuté. Mais où la discussion s'élève et même s'aigrit, c'est lorsqu'il s'agit de choisir la chaudière qui remplirait les conditions essentielles au type marin par excellence, quoique les conditions en question soient bien arrêtées, bien nettes en l'esprit de tous.

La chaudière marine militaire doit :

1° Être robuste et présenter les moindres chances d'explosion;

2° Être assez peu haute pour tenir sous les ponts cuirassés; assez peu encombrante pour tenir dans tous les sens le moins de place possible;

3° Être capable, à un moment donné, de fournir une quantité considérable de vapeur sèche;

4° Être légère pour ne pas charger le navire, afin qu'on puisse embarquer plus de combustible et de munitions, ou établir un cuirassement plus complet;

5° Supporter sans fatigue les plus brusques changements d'allures;

6° Être facile à conduire et à réparer promptement avec les moyens du bord;

7° Être mobilisée le plus vite possible en cas de guerre, et construite de façon que des pièces de rechange puissent être facilement approvisionnées;

8° Être économique de combustible;

9° Être d'un prix abordable.

Voilà bien des conditions à remplir, et je ne vois pas bien quelle direction, jusqu'à ce jour, on a suivie pour y satisfaire. Le problème, certes, est des plus difficiles à résoudre, et il n'y a rien de surprenant à ce que des erreurs aient été commises tant dans la conception d'ensemble que dans les détails d'exécution.

Aujourd'hui que nous savons dresser le programme en profitant de l'expérience de nos aînés, voyons un peu comment nous pouvons réaliser toutes les qualités requises.

Premièrement. — Pour que les chaudières soient robustes, il faut qu'aucune de leurs parties ne présente de points faibles, eu égard aux efforts qu'elles auront à supporter; que leurs joints soient aussi simples que possible et avec le minimum de garnitures destinées à faire l'étanche.

Pour qu'elles présentent les moindres chances d'explosion, il faut que leurs parties exposées au feu ne puissent pas se trouver sans eau, et par conséquent, la circulation dans l'appareil doit être étudiée avec le plus grand soin pour éviter les poches de vapeur.

En outre, en admettant le cas où un tube se pourrait trouver crevé, il faut que les conséquences de cet accident soient aussi peu graves que possible, c'est-à-dire que les éléments composant l'ensemble soient d'un assez petit volume, et que l'accident ne se puisse produire que dans le foyer, par exemple, ce foyer étant muni de portes à fermeture automatique d'un fonctionnement assuré.

Deuxièmement. — Pour que la chaudière ne soit pas trop haute, il faut que toutes les parties qui la composent tiennent les unes aux autres avec le moins possible d'emplacement perdu. Nous voulons dire par là qu'en dehors du foyer qui doit être vaste pour la facile combustion des gaz et leur bonne utilisation, tout doit être groupé dans le cube minimum, sans tuyauterie extérieure autre que l'alimentation, l'extraction et la prise de vapeur.

Pour être peu encombrante, il faut qu'il ne soit pas nécessaire d'en faire le tour pour la surveiller ou la réparer, et, ne pouvant en faire le tour, il faut que tous les nettoyages, les visites et les réparations puissent être effectués par la façade seulement. Il faut que les chaudières d'un même groupe se puissent placer l'une contre l'autre sans espace perdu, et qu'il ne soit pas néces-

saire de leur adjoindre de volumineux surchauffeurs, épurateurs, etc.

On peut admettre les souffleurs sous grille pour le cas où il serait nécessaire d'avoir une combustion activée qui doit être supportée facilement par la chaudière que nous étudions; ce qui permettrait d'en augmenter la puissance dans une large proportion pour le cas, par exemple, d'une chasse ou d'une retraite rapide.

Troisièmement. — Pour être capable, à un moment donné, de fournir une grande quantité de vapeur sèche, il ne suffira pas de posséder une grande grille proportionnellement à la surface de chauffe; il faudra aussi que le dégagement de la vapeur formée se puisse faire avec facilité, mais sans précipitation.

Cela se pourra en augmentant méthodiquement les sections des passages qui conduisent la vapeur des parties qui la produisent aux parties qui l'emmagasinent avant de l'envoyer aux machines; et elle sera sèche si le plan d'eau, la surface évaporatoire, est assez vaste.

Et il y a urgence absolue à ce que la vapeur soit bien sèche, car, lorsqu'elle est humide, elle provoque des dépôts de sels dans les machines, surtout lors des changements d'allures. Ces sels, parfois, s'agglomèrent au point de former des gâteaux solides en certaines parties des machines, dans les espaces neutres, la plupart du temps et occasionnent la rupture de couvercles de cylindres ou autres pièces, sans compter l'usure qu'ils produisent entre pièces frottantes, d'où proviennent des fuites et des pertes de force considérables.

Quatrièmement. — Il faut que la chaudière soit légère pour laisser le plus possible de poids disponible pour le charbon, l'armement, les munitions, etc.

Pour y arriver, il faudra que la plus grande partie des pièces constituant le générateur aient leur surface extérieure exposée à l'action du feu; de cette façon, toute la partie métallique, c'est-à-dire lourde, sera utilisée d'une façon efficace, contrairement, par exemple, à ce qui arrive avec les énormes chaudières dites marines à retour de flamme, dont toute la paroi extérieure de l'enveloppe ne sert qu'à refroidir l'eau et la vapeur contenues à l'intérieur.

Il faudra aussi que, pour la bonne marche de l'appareil *en service ordinaire*, on n'ait pas besoin de recourir à des artifices de réchauffage

de l'eau d'alimentation, de soufflage sur ou sans grille, pour activer la combustion ou que, du moins, on réduise ces appareils au strict nécessaire et en utilisant les chaleurs absolument perdues et non celles qui proviendraient de la chambre de combustion, dont la température des gaz à l'échappement ne doit pas être plus considérable que ce qui est strictement nécessaire pour assurer le tirage naturel, sans quoi, on pourrait conclure que les proportions de grilles à foyers et chambre de combustion ont été mal établies d'abord.

Cinquièmement. — Pour être apte à supporter les plus brusques changements d'allures, il faut que les dilatations se puissent faire librement, sans compression ni allongement nuisibles d'aucune des pièces qui sont soumises à l'action du feu intense.

Le meilleur moyen d'y arriver, c'est que ces pièces ne soient tenues à demeure que par une seule de leurs extrémités et que, par conséquent, l'autre extrémité joue librement. Il faut aussi qu'en raison de la grande quantité d'eau vaporisée, la disposition même des organes de la chaudière excite le mouvement d'ascension et de dégagement de plus en plus facile des bulles de vapeur et permette à l'eau d'alimentation de venir librement rafraîchir les surfaces qui sont soumises à l'action du feu.

On y arrivera en augmentant les sections des différentes parties du générateur depuis le point où la chaleur commence à agir jusqu'au point où la vapeur produite se dégage dans le réservoir de vapeur.

Sixièmement. — Pour être facile à conduire, il faut que les grilles soient larges, mais pas trop profondes, pour que les chauffeurs soient bien maîtres de leur feu; il faut que l'alimentation et les extractions soient aisées; que les boues et les sels se déposent en des endroits facilement accessibles et non dangereux; que les extractions et purges se puissent pratiquer avec la plus petite perte possible de chaleur; que le volume total de l'eau soit assez considérable pour qu'une inattention de quelques minutes ne puisse avoir aucune conséquence dangereuse, et enfin que le plan d'évaporation de l'eau ait une assez grande surface pour que les variations du niveau ne soient pas trop brusques.

Pour être facile à réparer et que les réparations puissent être faites rapidement, il faut que tous les joints de l'appareil soient faciles à démonter, que les garnitures soient aussi peu nombreuses que possible; que les pièces à manier pèsent peu, de façon qu'un

seul homme, deux au plus, puissent y arriver avec les outils ordinaires qui sont à la disposition du personnel de la chaufferie et de la machine, et sans avoir besoin d'entrer dans les bouilleurs, les réservoirs ou même dans les boîtes à feu.

Septièmement. — Pour être mobilisée le plus vite possible, c'est-à-dire pour être mise en état de servir efficacement dans le minimum de temps, même si plusieurs de ses parties sont détériorées, il faut que ces parties soient faciles à enlever et faciles à remplacer.

Le moyen d'y arriver sera de composer le générateur du plus grand nombre possible de pièces identiques, faciles à fabriquer mécaniquement, pour les avoir toutes semblables et interchangeables. Ce sera de cette façon, seulement, qu'on pourra d'avance faire des approvisionnements qui permettront de mettre en état rapidement les générateurs d'un navire, et même d'une flotte entière, suivant les cas, avec le seul personnel du bord. Il y a lieu de remarquer ici que cette qualité sera l'une des plus essentielles à une chaudière militaire, sans qu'il soit nécessaire d'insister sur les raisons qui dictent ce desideratum.

Huitièmement. — Il faudra économiser le combustible pour donner au navire son plus grand rayon d'action. On y arrivera en s'efforçant d'utiliser au mieux le charbon étendu sur les grilles. Il faudra que les gaz trouvent dans la boîte à feu l'espace nécessaire à un bon mélange avec l'air, pour qu'un brassage facile se puisse produire, et que, quelle que soit l'activité du feu, aucune particule solide ou gazeuse ne puisse être entraînée inutilisée dans l'atmosphère, ou aller se réinflammer dans la cheminée, comme cela s'est vu dans certains cas. Il faut s'efforcer d'éviter les déperditions inutiles de chaleur en obligeant l'eau à vaporiser, à rester en contact avec les parois chaudes jusqu'au moment où elle arrive dans le réservoir de vapeur; on évitera les retours d'eau de circulation par conduits extérieurs plus ou moins refroidissants, et on proportionnera les dégagements de l'eau, de façon qu'une formation rapide de vapeur ne trouve aucun obstacle et ne cause, pour ainsi dire, aucune obstruction ni perte de charge.

Neuvièmement. — Enfin, la chaudière marine militaire doit être d'un prix abordable.

Il est facile de comprendre que, là encore, le moyen d'y arriver

sera de composer cette chaudière, autant que possible, de parties semblables les unes aux autres, fabriquées mécaniquement et en grand nombre, de façon à réduire le prix de fabrication au minimum.

Il faut réduire aussi le prix de transport et du montage ; on obtiendra cette réduction en évitant les poids considérables des parties constituant le générateur que nous étudions ici, de sorte que, pour le transport, les moyens ordinaires suffiront, et on évitera, pour la mise en place, les frais d'élingage, de grue et de bardage si coûteux et si dangereux lorsqu'il s'agit de grosses pièces, comme, par exemple, nos anciennes chaudières marines.

Il faudra qu'on puisse, par simples joints mécaniques sans garnitures d'aucune sorte, monter rapidement, pièce à pièce, la chaudière à la place qu'elle doit occuper dans le navire.

De cette façon il serait possible, dans la suite, de changer la chaudière entière en une ou plusieurs fois, suivant les cas, sans pratiquer aucune démolition dans les ponts ou dans le bordé du navire qui en serait muni.

Ces considérations de grande économie dans les réparations éventuelles des générateurs pourraient entrer en ligne de compte dans la composition du prix d'achat.

On conçoit même que, pendant le combat, on pourrait isoler une chaudière avariée pour une cause quelconque, et en faire immédiatement la réparation, à condition qu'on ait dans une soute spéciale, placée, par exemple, sous le pont cuirassé, un certain nombre de pièces interchangeables dont nous avons parlé plus haut. Outre l'économie d'une telle réparation, nous devons noter que le navire qui en serait l'objet ne se verrait pas dans la nécessité de rentrer au port, et serait capable de continuer le combat dans bien des cas.

De même ceux de nos vaisseaux qui sillonnent les mers d'Extrême-Orient, et qui éprouvent actuellement des difficultés si grandes quand il s'agit de réparer des avaries de chaudières dans des ports qui sont mal outillés, et qui même, quelquefois, ne peuvent y procéder, ces navires, dis-je, pourraient désormais faire campagne en toute sécurité, se réparer tout en continuant leur croisière s'ils étaient munis de chaudières semblables à celles dont nous avons plus haut examiné les conditions.

Différents types de générateurs ont été essayés, dans ces dernières années, à bord de nos navires de guerre ou du commerce.

Aucun de ces types n'a donné, jusqu'à ces derniers temps, des résultats assez satisfaisants pour qu'on puisse en faire la chaudière uniforme, la chaudière familière à tous les marins chauffeurs qui seraient appelés, à un moment donné, à la faire fonctionner soit pendant les périodes d'instruction, soit pendant le service actif.

N'est-il pas grandement désirable d'avoir la certitude que, dès le premier jour de l'embarquement des réserves ou même de chauffeurs provenant d'un autre navire, le service des chaudières du bord soit assuré sans hésitation ? Il n'est pas besoin, je pense, d'en dire plus long pour faire comprendre quelle serait la supériorité d'une marine ainsi organisée.

Je dois ajouter que depuis quelques années la marine française a essayé un nouveau type de générateur aquatubulaire qui semble réunir toutes les conditions que nous venons de passer en revue; la rapidité des réparations y est même telle qu'elle paraît invraisemblable à ceux qui en entendent la description sans les avoir vu pratiquer. On peut dire que le changement d'une des pièces principales est opéré en moins de temps qu'on ne met à le décrire.

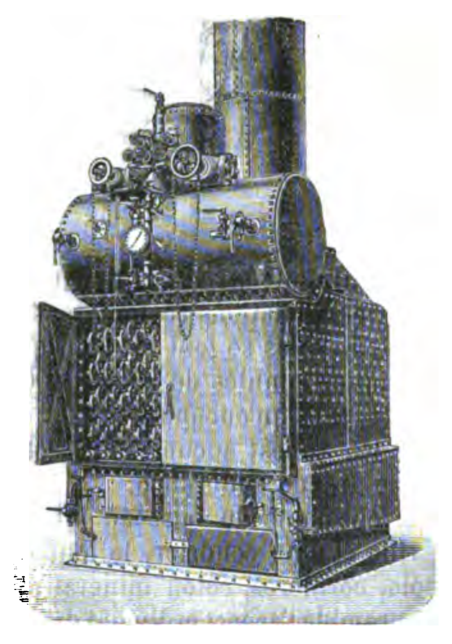


Fig. 1.

Ce nouveau générateur est composé de la manière suivante :

Un réservoir de vapeur, cylindrique, ayant comme longueur toute la largeur de la chaudière. En son milieu et à la partie supérieure existe un dôme ordinaire *(fig. 1)*.

A la partie inférieure, une tôle renforcée, ou piètement, percée de trous au-dessous desquels se trouvent des collecteurs verticaux reliés respectivement avec les trous du piètement placés immédiatement au-dessus par le moyen d'un manchon biconique.

Ces collecteurs sont eux-mêmes, sur leur hauteur, percés de trous coniques dans lesquels se trouvent emboîtés des tubes

vaporisateurs en acier étiré dont la tête encastrée est formée d'une lanterne en acier coulé doux percée de deux trous pour le passage de l'eau et de la vapeur *(fig. 2)*.

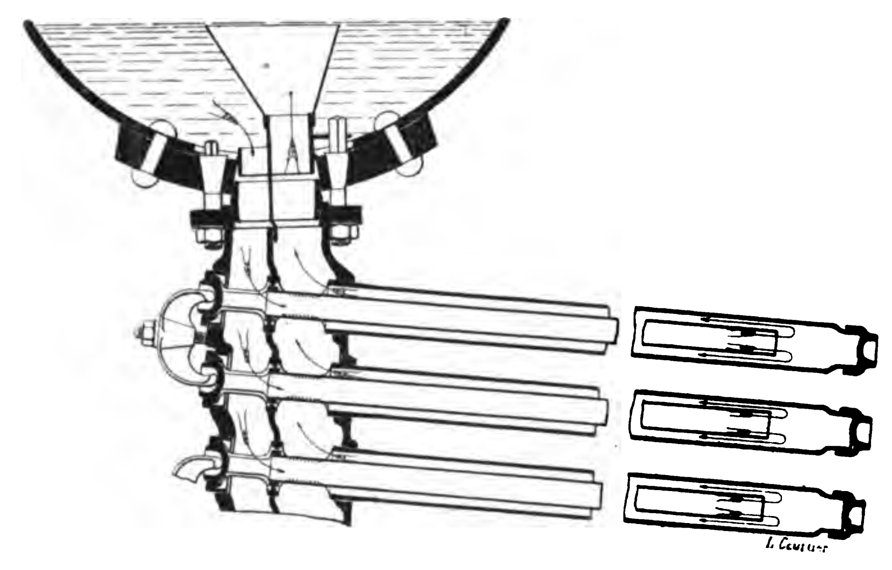


Fig. 2.

L'extrémité arrière de ces tubes est entièrement libre, de sorte que les dilatations se font sans peine, quelle que soit l'intensité du feu. Elles se font si bien que la combustion a pu passer en quelques minutes de 90 *kg* à 400 *kg* à l'heure par mètre carré de grille, sans qu'aucune trace de déformation ait pu être observée sur les tubes; aucune autre chaudière ne jouit à ce point de cette grande endurance.

L'ensemble du faisceau tubulaire est placé au-dessus d'une grille et d'un cendrier, le tout entouré d'une sorte d'armoire en tôle, cornières, coton minéral et briques réfractaires, donnant à l'ensemble l'aspect ordinaire des chaudières multitubulaires *(fig. 1)*.

Les collecteurs sont divisés sur leur épaisseur en deux lames d'eau par une cloison métallique légèrement inclinée sur l'arrière de haut en bas et d'où part un tube intérieur au premier et chargé de lui distribuer l'eau froide qui descend par la lame avant, et qui remonte par la lame arrière jusqu'au réservoir supérieur après avoir absorbé la chaleur transmise par le foyer au tube vaporisateur.

C'est là toute la chaudière. Examinons maintenant le fonction-

nement de cet appareil pour le comparer aux exigences formulées dans la première partie de cette note.

Disons d'abord que l'alimentation se fait dans le réservoir supérieur par une lance qui projette l'eau en pluie dans deux petits compartiments placés à chaque extrémité du réservoir; cette eau s'échauffe et coule en gouttelettes dans l'auge placée au-dessous où elle commence à se débarasser de ses impuretés les plus grossières enlevées ensuite par une extraction de fond et une extraction de surface ménagées dans cette auge qui règne sur toute la longueur du réservoir, de sorte que l'eau d'alimentation se déverse à peu près également sur toute cette longueur, et que, lors des extractions, aucune partie d'eau chaude n'est expulsée au dehors, puisque seul, le niveau de l'auge peut baisser et non celui du réservoir. L'eau passe de là dans la lame avant des collecteurs, puis dans les tubes intérieurs, puis dans les vaporisateurs, puis remonte par la lame arrière au réservoir de vapeur, après avoir accompli un circuit relativement court et parfaitement guidée, en trouvant, pour se dégager librement, des conduits de plus en plus grands, et en tous cas, toujours suffisants.

Le plan d'évaporation est grand, puisqu'il a pour dimension toute la longueur du réservoir supérieur et toute sa largeur; la vapeur peut donc se dégager d'une façon calme et, par conséquent, être pratiquement sèche.

On voit également qu'en raison de la facilité de la circulation on peut pousser l'activité de l'appareil jusqu'aux dernières limites sans lui enlever ses qualités.

La sécurité y est aussi grande que possible car il est bien certain que si un tube venait à crever la pression de la vapeur fermerait immédiatement les portes du foyer et du cendrier qui sont parfaitement équilibrées et s'ouvrent à l'intérieur en prévision, justement, de cet accident tout improbable qu'il soit. Il n'aurait, en tous cas, pas d'autres conséquences que l'extinction des feux et la vidange assez lente de la chaudière.



Fig. 3.

Quant à la rapidité extraordinaire des montages, démontages et réparations, on peut voir qu'elle tient à ce que tous les joints sont coniques de dehors en dedans, et par conséquent des plus faciles à monter et à démonter *(fig. 2 et 3)*.

Il y a lieu de remarquer spécialement le joint avant de la lanterne du vaporisateur : On voit que le cône arrière porte sur son siège dans des conditions assez simples. Ce qui serait moins simple c'est que le cône avant porte en même temps sur son propre siège ; on conçoit facilement qu'il y aurait là un chef-d'œuvre d'ajustage des plus difficiles à réaliser en pratique. On y a réussi en rendant le cône avant élastique de sorte que l'étanche peut être fait sur la cloison avant, tandis qu'il n'est point encore fait sur la cloison arrière ; de sorte que lorsque ce cône arrière arrive à bloc sur son siège le joint élastique avant arrive sur le sien en cédant plus ou moins suivant le plus ou moins bon ajustage ; et quand la pression vient à se produire à l'intérieur du tube, l'étanche est encore accentué automatiquement par l'effet de cette pression intérieure qui tend à coller contre son siège la mince couronne circulaire qui termine la lanterne du tube vaporisateur, ainsi qu'il résulte, d'ailleurs, de l'examen des figures.

Le tube intérieur est simplement vissé dans la tête du tube extérieur dont la partie arrière est elle-même terminée par un bouchon à vis.

En ce qui concerne la production et la consommation de cet appareil, ses poids, encombrement, prix, etc., on peut dire qu'il est supérieur à tous les appareils existants, non pas d'une façon extraordinaire, mais cependant assez largement pour le mettre au premier rang parmi tous.

En ajoutant à cela les qualités de montage, démontage et réparations faciles, de sécurité, de conduite simple, etc., que nous avons étudiées précédemment, on peut dire qu'avec fort peu de modifications, il est susceptible de faire la chaudière type de notre marine ; et j'ai la grande joie patriotique de dire en terminant que cette chaudière est française. Enfin je serai très reconnaissant à ceux de nos Collègues dont les affaires les auraient mis à même d'étudier de près cet appareil, de m'adresser les observations qu'ils auraient pu faire, car c'est toujours de la discussion des idées qu'on arrive à la connaissance de la vérité, et qu'on réalise les progrès de l'industrie humaine que la Société des Ingénieurs Civils de France a choisis comme le but élevé de ses efforts constants.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

DE

MANUTENTION DANS LES CHEMINS DE FER[1]

PAR

M. G. BAIGNÈRES

Le travail de manutention dans les gares de chemins de fer joue un rôle assez considérable, et il n'y a rien d'étonnant à ce que les Compagnies aient cherché à suivre le progrès en apportant à leur outillage tous les perfectionnements possibles.

C'est ainsi que la vapeur, l'eau sous pression et l'électricité ont été successivement appliquées avec succès. Sans vouloir faire ici l'étude des appareils mécaniques mis en mouvement par une autre source d'énergie que l'électricité, nous nous arrêterons cependant un instant sur la remarquable installation hydraulique dont est dotée la gare Saint-Lazare.

Lorsque la Compagnie de l'Ouest a procédé à la transformation de sa gare de Paris-Saint-Lazare, en 1887, le service des messageries a été installé dans un bâtiment à deux étages au coin des rues de Berne et de Saint-Pétersbourg. Cette disposition spéciale a nécessité l'installation des engins mécaniques suivants :

2 monte-wagons de	15 000 *kg*
15 cabestans de	400
2 monte-charges de	1 000
4 grues à pivot de.	1 500
1 grue à pivot à double puissance de 3 000 *kg* et	5 000
1 chariot roulant à machines.	
1 chariot roulant à wagons.	

Ultérieurement, on a installé à la gare des voyageurs :

7 monte-charges de 1 000 *kg*, dont un sert d'ascenseur;

7 chariots transbordeurs à plaques tournantes pour locomotives, dont un avec moteur hydraulique pour la commande de la plaque;

7 cabestans;

2 plans inclinés à chaîne d'entraînement pour tricycles à bagages.

(1) Le *Génie Civil* publie, en ce moment, une étude très complète de MM. G. Dumont et G. Baignères sur cette même question.

Tous ces appareils sont hydrauliques, et l'eau y arrive sous une pression de 50 *kg* environ par centimètre carré.

La commande hydraulique est réalisée soit par moteur rotatif, soit par presse à chaîne mouflée, soit par presse à action directe.

Dans ces trois cas, le rendement de l'appareil à pleine charge est très bon (0,45 à 0,75), mais le rendement industriel est plus faible, parce que le volume d'eau dépensé est indépendant de la charge elle-même et proportionnel au nombre de tours faits par le moteur ou au nombre des coups de piston de la presse.

L'énergie est fournie par une usine hydraulique d'une puissance de 150 *ch*. L'eau sous pression est envoyée de l'usine des Batignolles à la gare des marchandises et à la gare des voyageurs par des conduites principales ayant ensèmble 2 207 *m* de longueur.

Dans ces deux gares sont installés quatre accumulateurs de 750 *l* de capacité utile.

Enfin, le système comprend deux conduites principales de retour d'eau mesurant ensemble 2 226 *m* de longueur.

L'installation hydraulique de la gare Saint-Lazare est, comme on le voit, des plus importantes, et elle méritait d'être signalée dans cette étude comme un modèle du genre.

Revenons maintenant à l'électricité.

Dans ces dernières années, il a été fait, en France, de nombreuses applications mécaniques de l'électricité, et les industriels qui ont suivi le progrès sont unanimes à reconnaître les avantages que présentent les transmissions électriques.

Dans les chemins de fer où, la plupart du temps, les opérations de manutention sont intermittentes, l'énergie électrique fournit une solution économique et pratique pour actionner certains engins, comme les chariots transbordeurs, les plaques tournantes, les treuils, les grues, les monte-charges, etc. La Compagnie du Nord, la première, est entrée dans cette voie, et à ses cabestans hydrauliques elle a substitué des cabestans électriques qui donnent les meilleurs résultats. Tout dernièrement, elle a mis en service, à Boulogne-sur-Mer, un nouveau type de grue pivotante sur truc à flèche abaissable, et elle se propose d'installer à sa gare de Paris un certain nombre d'appareils électro-mécaniques tout à fait originaux.

Notre Collègue, M. E. Sartiaux, a beaucoup contribué à ces études, et l'intéressant rapport qu'il a présenté avec M. Van Boschan au cinquième Congrès international des chemins de fer, tenu à Londres en 1895, donne un aperçu des innovations qui ont été faites.

Avant d'aborder l'examen des différents engins actuellement en usage, nous pensons qu'il n'est pas inutile de donner quelques considérations générales sur la distribution de l'énergie.

L'électricité peut, actuellement, être employée sous la forme de courant continu, de courants alternatifs monophasés et de courants alternatifs polyphasés.

Il convient d'écarter tout d'abord les courants alternatifs monophasés, par la raison que les moteurs alternatifs à simple phase ne démarrent pas sous charge, et qu'en cas de surcharge, ils peuvent s'arrêter.

Les courants alternatifs polyphasés sont exempts des inconvénients que présentent les courants alternatifs monophasés; ils permettent d'utiliser l'énergie électrique à plus haute tension qu'on ne peut pratiquement le faire avec des courants continus, mais par contre, ils nécessitent trois conducteurs au lieu de deux.

Les courants continus sont, de beaucoup, les plus en usage. Les électromoteurs qui utilisent ce genre de courant ont été l'objet d'études approfondies, et dans la communication sur les transmissions électriques que nous avons présentée à la Société en décembre 1894, nous avons signalé leurs avantages et leurs inconvénients. Nous ne reviendrons donc pas sur cette question.

C'est aux courants continus que l'on donne généralement la préférence pour les applications à réaliser dans les gares de chemins de fer, tant pour l'éclairage que pour les transmissions d'énergie, puisqu'ils permettent de distribuer l'énergie électrique à des distances bien suffisantes dans le cas particulier qui nous occupe.

Nous en trouvons une preuve dans une des dernières applications faites par MM. Sautter et Harlé.

Ces constructeurs ont été chargés, en effet, des installations électriques du prolongement de la ligne de Sceaux vers le Luxembourg et ultérieurement vers Cluny. Le programme comportait l'établissement, sur un des côtés de la gare Denfert, d'une usine électrique devant fournir à la fois l'énergie nécessaire aux appareils d'éclairage et à des moteurs répartis sur toute la ligne, c'est-à-dire à une distance de 2 000 *m* de l'usine génératrice, et le système devait permettre de prolonger la distribution jusqu'à Cluny, soit à une distance de 3 000 *m* de la gare Denfert, avec cette condition que le maximum de la perte de charge de l'usine à Cluny n'excéderait pas 15 0/0.

Or, M. Bochet, Ingénieur de la maison Sautter et Harlé, nous

apprend, dans une communication qu'il a faite sur ces travaux, à la Société internationale des électriciens, en mai 1895, que, dans ces conditions, on avait d'abord songé à l'emploi des courants alternatifs avec postes de transformateurs à chaque centre d'utilisation, mais, qu'en comparant cette solution à celle qu'il était possible d'employer avec les courants continus, on a constaté que ces derniers permettaient de réaliser le projet dans des conditions plus avantageuses à tous égards.

On a adopté finalement une distribution directe au moyen d'un réseau à trois fils, la tension entre les deux ponts étant maintenue constamment à 220 volts, et l'alimentation de ce réseau étant assurée au moyen d'artères partant de l'usine et aboutissant à chacun des centres principaux.

Voici donc un exemple d'application de l'électricité aux besoins d'une gare, mûrement étudié, et qui donne la preuve que les courants continus suffisent lorsque la distance de l'usine aux appareils d'utilisation les plus éloignés atteint 3 000 *m*. Or, dans les plus grandes gares, l'usine électrique étant située en un point central, ce rayon de distribution de 3 000 *m* est largement suffisant.

L'emploi d'accumulateurs pour actionner des appareils dont la marche est aussi intermittente que des plaques tournantes, des grues, des ascenseurs, etc., est tout indiqué. Il serait, en effet, très onéreux d'établir une usine en se basant sur le fonctionnement simultané de tous les appareils.

Nous arrivons maintenant aux engins de manutention que nous avons classés en engins servant à la manœuvre et au transport des locomotives et des wagons et en engins destinés au service des marchandises.

I. — ENGINS SERVANT AU TRANSPORT ET A LA MANUTENTION DES LOCOMOTIVES ET DES WAGONS

Pont roulant électrique pour le transport des locomotives dans les ateliers de construction.

Un pont électrique a été installé tout récemment par la Machinen und Wagonfabrik de Simmering, près Vienne, dans les ateliers de réparations de locomotives de l'Impérial Austrian Railway. Cet appareil se compose d'une plate-forme principale

montée sur huit roues parcourant les quatre rails de support et de circulation. Un moteur électrique installé au centre de la plate-forme imprime à celle-ci une vitesse de 15 *m* par minute avec la charge, et peut s'embrayer sur des tambours où viennent s'enrouler les chaînes de levée.

La locomotive à transporter est suspendue au moyen de quatre colonnes descendant à mi-distance du sol et le long desquelles coulissent quatre colonnes correspondantes d'un cadre qui reçoit la locomotive. L'élévation s'opère au moyen de chaînes rattachées aux extrémités des quatre montants du cadre et s'enroulant sur des tambours portés par la plate-forme et mus par l'électromoteur de cette dernière. En outre, le cadre portant la locomotive est pourvu d'une petite plate-forme sur laquelle est installé un moteur électrique de 8 *ch* servant à amener la machine à transporter dans le cadre et à l'en sortir en faisant passer la chaîne par une poulie de retour fixée à un endroit quelconque. Les rhéostats et appareils de manœuvre du moteur de la plate-forme principale sont également placés auprès du cadre, où se tient le mécanicien qui fait exécuter les diverses manœuvres; l'embrayage et le désembrayage du moteur principal s'opèrent d'en bas. Avec cet appareil, le personnel nécessaire au déplacement d'une locomotive est très restreint : huit hommes suffisent pour ce travail.

Pont tournant pour locomotives du dépôt de Montrouge. Plaques tournantes de la gare du Luxembourg.

La Compagnie d'Orléans a utilisé largement l'électricité pour la manœuvre des engins de manutention dans les gares du prolongement souterrain de la ligne de Sceaux.

Au dépôt de Montrouge, un pont tournant pour locomotives, précédemment mû par deux treuils à bras, est maintenant commandé par un treuil électrique.

La figure 1 en montre une vue d'ensemble. A la gare du Luxembourg, deux plaques tournantes sont établies avec les mêmes dispositions.

La commande du moteur, pour les deux sens de marche, est obtenue par une simple pédale à l'aide de relais de démarrage qui intercalent une résistance en circuit, au départ, et la suppriment quand la vitesse de régime est atteinte.

Le treuil électrique entraîne le pont par une chaîne sans fin. La demi-rotation du pont chargé d'une locomotive de 50 *t* s'effectue en moins de 30 secondes.

Les ponts, les plaques et les ascenseurs décrits plus loin, sont alimentés par des accumulateurs qu'on charge au moyen de sur-

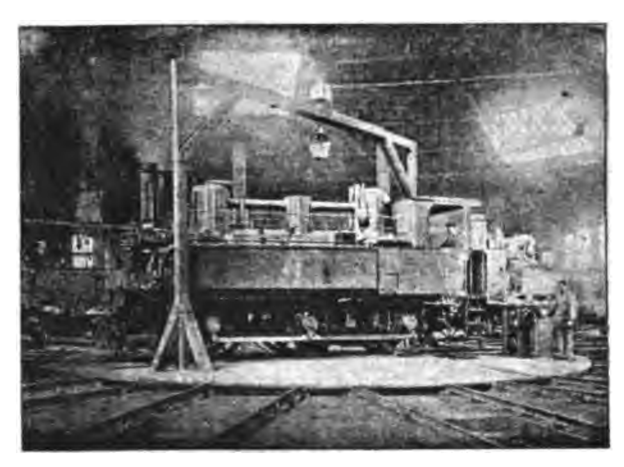


Fig. 1.

volteurs branchés sur le circuit général d'alimentation (distribution à trois fils, 220 volts).

On pare ainsi aux inconvénients qui résulteraient pour l'éclairage des à-coups des démarrages, si ces engins, qui font de fréquentes manœuvres, étaient alimentés directement.

Une des plaques du Luxembourg fait plus de soixante manœuvres par jour.

Plaque tournante pour locomotives.

La gare de Cassel, en Allemagne, possède des installations électriques importantes qui ont été établies par la maison Schuckert et Cie.

Nous signalerons une plaque tournante et une voie roulante.

La première, représentée par la figure 2, peut supporter 80 *t*; elle pèse elle-même 20 *t*, et peut faire un demi-tour en une minute.

Elle est entraînée, à l'aide d'engrenages, par un moteur électrique de 3 *ch* tournant à la vitesse angulaire de 1 100 tours.

La voie roulante pèse aussi 20 *t*; elle peut en supporter 80, et se déplacer avec une vitesse de 0,50 *m* par seconde sous l'action d'un moteur de 9 *ch*, tournant à 800 tours.

Voie roulante.

A Dusseldorf, sur une ligne de chemin de fer privé, on a installé la voie roulante électrique que représente la figure 3.



Fig. 2.

Cette voie pèse 15 *t*, elle peut en porter 35, et se déplace à la vitesse de 0,51 *m* par seconde, sur une voie de 160 *m* de longueur.



Fig. 3.

Le moteur électrique est du type 10 *ch*, tournant à 850 tours par minute.

La maison Ganz et Cie, de Budapest, a fait également, dans diverses gares, des installations de voies roulantes avec moteurs électriques.

Installations de la gare de Dresde.

La maison Siemens et Halske a établi à la gare de Dresde une distribution d'énergie électrique très importante par courants triphasés avec production à basse tension par les alternateurs et double transformation, à l'usine, et aux points d'utilisation.

A l'usine se trouvent quatre alternateurs de 220 kilowatts à courants triphasés de 220 volts, ainsi que des transformateurs qui élèvent la tension à 3 118 volts.

Les transformateurs à l'arrivée ont une puissance de 10 kilowatts.

Le courant est utilisé par quarante-cinq moteurs d'une puissance variant de 1 à 20 *ch*, avec une puissance totale de 183 *ch*. Ces moteurs fonctionnent à 120 volts, avec des résistances en dérivation aux bornes de l'induit, et leur rendement industriel varie de 0,70 à 0,90, suivant leur puissance. Parmi eux, un de 10 *ch* commande *une grue servant à la décharge du charbon;* en outre, dans les ateliers de construction, on trouve les engins de manutention suivants :

Engins électriques de manutention.	Moteurs. Nombre.	Moteurs. Puissance.
2 ponts roulants pour locomotives. . . .	2	10 *ch*
2 grues roulantes	2	3
1 grue roulante avec appareil de levage .	1	3
1 transmission pour les ascenseurs et les grues.	1	3
1 ascenseur (dans le magasin).	1	5

La figure 4 montre *un des ponts roulants électriques*. Tous les appareils sont réunis sur une plate-forme installée sur le devant, et sur laquelle se tient l'électricien.

Des frotteurs fixés sur un mât spécial établissent les contacts avec les lignes de distribution.

Chariot transbordeur pour locomotives de la « Wisconsin Central Railroad Company ».

Le transbordeur est construit pour supporter des machines du poids de 55 *t;* la longueur de course est de 80 *m* et la vitesse par minute de 46 *m*.

Le moteur et sa transmission sont placés au milieu de la voie

Le moteur, de 15 *ch*, tourne, en pleine charge, à 800 tours. La transmission réduit cette vitesse dans le rapport de 16 à 1.
Le mouvement du pont est commandé par un seul levier.



Fig. 4.

Le courant est fourni par une dynamo à lumière située à 80 *m*. La ligne comprend deux fils aériens en bronze siliceux, sur lesquels frottent deux galets.

En manœuvrant le levier, on peut débrayer l'axe principal du pont et coupler le moteur avec un cabestan qui hale les machines et les wagons d'une distance de plus de 50 *m*.

Transbordeurs pour wagons.

En 1889, la Pensylvania Railroad Company décida de transformer le chariot transbordeur à vapeur de sa gare d'Altoona en un transbordeur électrique.

La plate-forme du chariot a une longueur de 18 *m* et une largeur de 5,20 *m*; sa course est de 90 *m*. Elle repose sur quatre trucs roulant sur huit rails. Le mouvement est communiqué aux quatre roues extérieures par un moteur électrique de 10 *ch* suspendu, au milieu de la plate-forme, entre les deux trucs centraux. Un levier permet de désembrayer le moteur d'avec les roues motrices pour l'appliquer sur un cabestan placé au centre de la plate-forme et qui sert à y faire monter les wagons. Un commutateur, situé également au centre de la table, sert à régler la vitesse du moteur, à mettre en marche et à arrêter la plate-forme. Le courant arrive au moteur par un conducteur disposé entre

les rails centraux et le contact a lieu par un galet qui se trouve pressé par un ressort contre le conducteur.

La force motrice est fournie par une dynamo située à 150 *m*.

Le principal avantage que la Compagnie américaine a trouvé dans la substitution de l'électricité à la vapeur réside dans le faible poids et le peu de place de l'appareil moteur placé sur la plate-forme puisque dans le cas particulier le moteur ne pèse que 360 *kg*. Enfin, les manœuvres sont aussi aisées que possible.

Transbordeur électrique de Fitchburg.

La Fitchburg Railroad Company a fait installer, dans sa gare de Fitchburg, un transbordeur électrique pour desservir quarante-huit voies entre deux garages parallèles de 150 *m* de long (*fig. 5*).

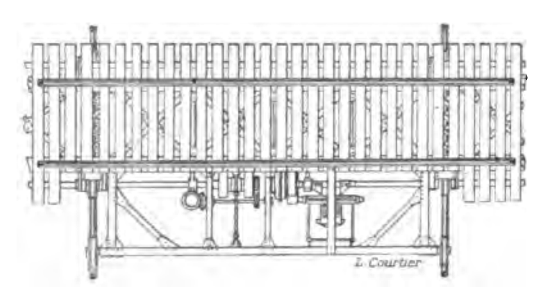


Fig.5.

La dynamo motrice du pont fait tourner, par un train d'engrenages, un manchon qui entraine dans son mouvement d'embrayage les roues du chariot. Le pont porte un cabestan qui est mis en mouvement par la dynamo et remorque les wagons des voies latérales au chariot transbordeur.

On peut renverser la marche du moteur en changeant le calage des balais.

La réceptrice reçoit son courant des dynamos qui éclairent les ateliers.

Le transbordeur est desservi par trois hommes; autrefois, le même travail exigeait quatre fois plus de temps et nécessitait douze hommes, une locomotive et son mécanicien.

Chariot transbordeur de Madrid-Atocha.

La Compagnie des Chemins de fer de Madrid à Saragosse et à Alicante, en faisant l'étude des installations électriques de la nouvelle gare de Madrid-Atocha, a eu l'idée de faire marcher, au moyen d'un moteur électrique, le chariot transbordeur à niveau qui dessert le hall des voyageurs et la remise des voitures.

Le chariot électrique se compose d'un châssis métallique reposant sur la voie transversale du transbordeur par huit roues dont quatre sont calées sur deux essieux moteurs *(fig. 6 et 7)*. Ce chariot moteur est attelé au moyen de deux bielles au chariot transbordeur ordinaire.

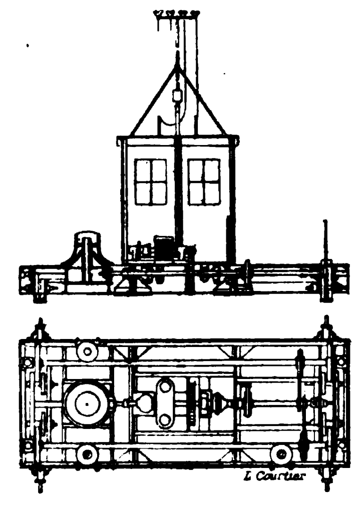


Fig. 6 et 7.

L'électromoteur, qui est de 12 *ch*, marche au potentiel de 112 volts. Un trolley à quatre prises de courant sert à distribuer l'énergie d'une part à l'électromoteur, d'autre part aux lampes à incandescence. Il y a donc quatre câbles d'amenée du courant, deux pour le moteur et deux pour l'éclairage.

Un inverseur avec rhéostat permet la marche dans les deux sens. L'arbre principal attaqué par la dynamo peut, au moyen de deux embrayages électro-magnétiques de Bovet, actionner :

1° Par roues dentées et chaines Galle les deux essieux moteurs pour le mouvement de translation;

2° Par engrenage conique un cabestan.

La vitesse de translation du chariot est de 1,40 *m* par seconde et celle du cabestan est de 1,10 *m* à la plus petite périphérie.

Suivant que le chariot est déchargé ou chargé, il faut environ 100 à 125 ampères au démarrage et 30 à 60 ampères en marche, sous une tension de 110 volts.

La partie électro-mécanique a été étudiée et réalisée par la maison Hillairet-Huguet.

Chariot transbordeur électrique de l'État.

L'Administration des Chemins de fer de l'État a fait, tout récemment, à Saintes, une application intéressante de l'électricité à la commande de chariots sans fosse destinés au transbordement des voitures.

Une dynamo A *(fig. 8, 9 et 10)*, d'une puissance de 3044 watts à la vitesse de 900 tours, transmet le mouvement par pignon et roue dentée à un arbre horizontal sur lequel est fixé un em-

ampères en marche et atteint 50 ampères au démarrage, la différence de potentiel étant de 100 à 110 volts ; pour 1 000 *kg*, l'intensité est de 70 à 75 ampères et, au démarrage, de 85 ampères.

Les vitesses de rotation sont de 12 à 16 tours par minute en charge et de 70 à 80 tours à vide.

2° Cabestan a action directe pour plaque ou pont tournant (*fig. 12*). — On a utilisé le cabestan décrit ci-dessus dont la poupée a été supprimée et remplacée par un pignon Galle qui, par l'intermédiaire d'une chaîne, donne le mouvement à la plaque tournante.

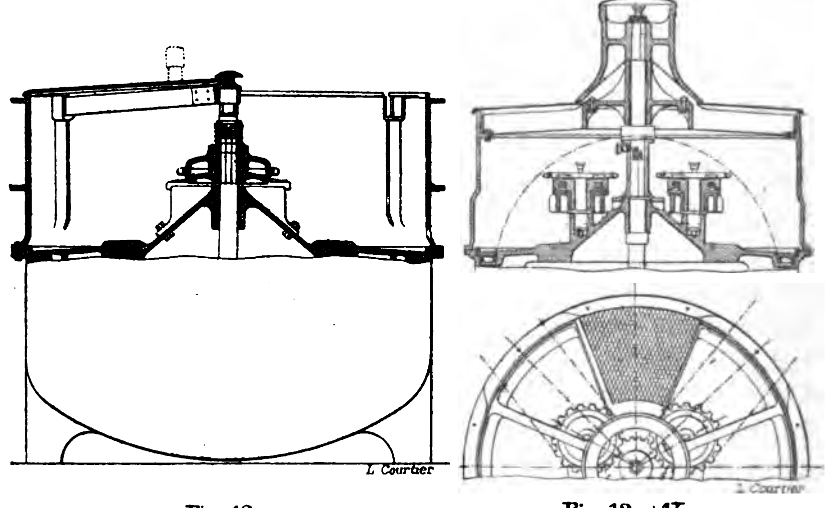


Fig. 12. Fig. 13 et 14.

3° Cabestan a quadruple effet pouvant actionner une, deux ou trois plaques et avec poupée de halage (*fig. 13 et 14*). — Pour diminuer le nombre des appareils de manutention autour de plusieurs plaques tournantes groupées à côté les unes des autres, la Compagnie du Nord a étudié et appliqué le cabestan à quadruple effet.

Cet appareil comporte, en outre des organes du cabestan primitif, un pignon calé sur l'arbre de l'induit et mettant en mouvement trois engrenages qui sont fous sur leurs axes.

Chacun de ces engrenages est constitué par un dispositif analogue à l'embrayage magnétique de Bovet. Si on fait passer un courant électrique dans le fil d'un de ces embrayages, l'engrenage est attiré par l'électro garni lui-même d'une denture sur laquelle vient passer la chaîne Galle qui commande la plaque. On

voit donc que si la dynamo du cabestan se met en mouvement, au moment où l'on enfoncera la pédale, la plaque se mettra à tourner.

La poupée est reliée directement au cabestan par un joint Olden.

Une disposition spéciale permet d'obtenir les quatre mouvements alternatifs des trois plaques et de la poupée; de plus, à l'aide d'un inverseur de courant, on peut faire tourner à volonté dans les deux sens, l'une des plaques commandées par un cabestan à action directe et à effets multiples.

Machine cabestan électrique du Nord.

La Compagnie du Nord se sert depuis fort longtemps déjà de machines cabestans pour ses manœuvres de gare. Or, d'après une étude qui a été faite, ces machines cabestans ne sont guère utilisées plus d'une heure et demie par jour. On a pensé avec juste raison qu'il y aurait une économie importante à faire si on remplaçait la machine à vapeur par un moteur électrique recevant son énergie par l'intermédiaire d'accumulateurs. Ces prévisions se sont réalisées et la petite locomotive électrique qui fait le service à la gare du Nord donne les meilleurs résultats. La manœuvre en est confiée à un des hommes d'équipe chargés d'effectuer les divers mouvements des wagons que nécessite le service, et, dès que l'opération est terminée, la locomotive électrique est replacée à son point de stationnement.

II. — ENGINS DESTINÉS AU SERVICE DES MARCHANDISES

Grues des chantiers à bois de Romilly-sur-Seine.

La Compagnie des Chemins de fer de l'Est a établi pour la manutention des bois, dans ses chantiers de Romilly-sur-Seine, une grue représentée par les figures 15 et 16.

L'ensemble de l'appareil repose sur deux rails formant chemin de roulement.

Les divers mécanismes pour la commande du levage, du déplacement du chariot et de celui de la grue sont groupés dans une cabine située sur le côté.

Le levage et la descente sont obtenus par des vis sans fin com-

mandées au moyen de trois engrenages coniques et de deux cônes de friction.

Le déplacement du chariot est commandé par une vis sans fin.

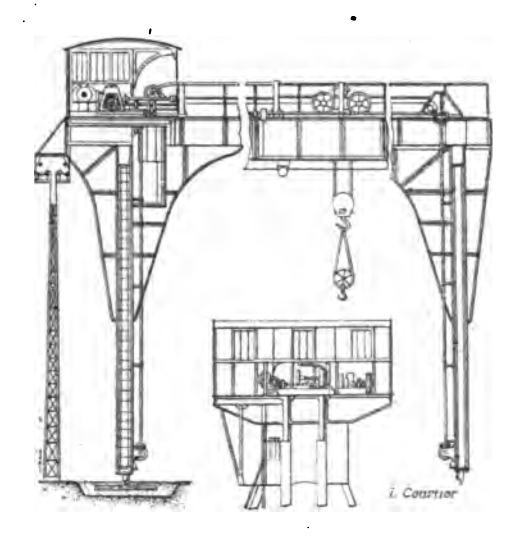


Fig. 15 et 16.

L'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de la grue est fournie par une machine Gramme installée dans l'atelier de scierie, à 285 *m* de la grue.

La ligne est formée de 2 câbles en cuivre nu, avec isolateurs en porcelaine montés sur des poteaux en fer qu'on voit à gauche de la figure.

Le contact est obtenu à l'aide de crochets en fer suspendus sous la cabine qui contient les rhéostats et interrupteurs.

La grue peut soulever 8 *t* à la vitesse de 1 *m* par minute ou 4 *t* à la vitesse de 2 *m*.

Les rails de roulement sont espacés de 32 *m*.

Le chariot peut se déplacer de 28 *m*, à la vitesse de 15 *m*.

La grue chargée peut se déplacer avec la même vitesse.

La hauteur totale de la grue est de 9 *m* et la course maximum du crochet de 8 *m*.

Grue roulante sur truck, de 5 tonnes, à commandes électriques.

La Société d'Oerlikon a présenté à l'Exposition nationale Suisse une grue roulante électrique très intéressante.

Le poids total de l'appareil est de 13 *t*, et la charge maximum qu'elle peut soulever, 5 *t*.

Cette grue est susceptible de recevoir trois mouvements distincts qui peuvent être effectués d'ailleurs simultanément : le mouvement de déplacement du wagon, le mouvement de rotation du bras de la grue autour d'un pivot vertical et le mouvement d'élévation ou d'abaissement de la charge. Enfin, il est possible

d'élever ou d'abaisser le bras de la grue tout en conservant à la charge sa même position dans l'espace.

Les moteurs qui actionnent ces divers mouvements sont à courant continu (250 volts) avec enroulement en série.

Le moteur inférieur (4 *ch*), qui commande le déplacement du wagon-grue tourne à la vitesse normale de 870 tours agissant sur l'un des essieux au moyen d'un engrenage et d'une vis sans fin noyée dans l'huile. Il reçoit le courant par l'intermédiaire de blocs de contact placés au niveau du sol (système Claret et Vuilleumier), mais le courant peut également parvenir aux divers moteurs de commande par un trolley placé à la partie supérieure de la grue et indépendant du mouvement de rotation.

Le second moteur commandant le mouvement de rotation de la grue est d'une puissance de 1,6*ch;* il tourne à la vitesse de 1 400 tours.

Il est à remarquer que la partie tournante est montée sur billes d'acier trempé.

Le dispositif pour la manœuvre de la charge et l'abaissement du bras de la grue est peut-être le plus intéressant. Le moteur qui l'actionne est de 12 *ch* (700 tours). On peut, à volonté, lui faire commander seulement le treuil d'enroulement de la chaîne supportant la charge, ou actionner, en outre, un second treuil sur lequel viennent s'enrouler les chaînes qui permettent d'élever ou d'abaisser le bras sur la grue. Dans ce dernier mouvement, la position de la charge reste toujours la même, et la hauteur dont s'abaisse le bras équivaut à celle dont la charge est relevée.

On peut donc faire passer la grue à travers des portes basses d'un atelier dans un autre en abaissant le bras, mais sans effectuer aucun travail d'élévation ou d'abaissement de la charge.

Notons également un dispositif ingénieux destiné à arrêter instantanément la charge dans la position voulue. A cet effet, dans le circuit du moteur qui commande le mouvement de la charge est placé un électro-aimant, qui, par son action, débraie un frein à ressort, serrant au repos l'arbre même du moteur.

Dès que le courant du moteur est interrompu, l'électro-aimant n'agissant plus, le frein à ressort, devenu libre, vient presser l'arbre du moteur et l'arrête presque instantanément.

Tous ces mouvements s'obtiennent par la manœuvre de trois rhéostats.

Grue roulante et pivotante de 8 tonnes.

Les ateliers d'Oerlikon construisent un type de grue roulante et pivotante pouvant soulever 8 *t*, à mouvements indépendants, pouvant s'exécuter simultanément (*fig. 17*).



Fig. 17.

Les transmissions de mouvement sont faites au moyen de vis sans fin dont l'effet utile atteint 85 0/0.

Le moteur du levage a une puissance de 12 *ch* et porte un frein à bande, il pivote avec la grue.

Le moteur du pivotage a une puissance de 1,5 *ch*.

Le moteur de la translation a une puissance de 6 *ch*; il commande les deux essieux du truck.

Chacune des trois manœuvres peut être faite à la main en cas d'accident.

Le courant est amené par une ligne aérienne en fil de cuivre de 7 *mm*.

Le trolley a son centre de rotation sur la colonne de la grue qui porte, dans une boite, les conjoncteurs nécessaires.

Le contrepoids, en lingots de plomb, pèse 8 *t*.

La grue pèse 15 *t*.

Elle peut soulever 8 *t* à une vitesse de 1,4 *m* par minute et 4 *t* à une vitesse de 2,70 *m*.

La vitesse de translation du chariot porteur s'élève à 20 *m*, et la vitesse de rotation de la charge à 5,50 *m*.

Sous 105 volts, le levage d'une charge de 8 *t* exige 67 ampères, et la translation de la grue chargée au maximum demande 20 ampères.

Grues des ateliers du « London and North Western Railway », à Crewe.

Une distribution d'énergie électrique a été établie dans ces ateliers en 1895.

Parmi les divers engins à commande électrique, on trouve :

1° Dans la chaudronnerie, une grue roulante de 20 *t* comportant divers leviers de manœuvre qui permettent de soulever la charge et de la présenter très aisément à la riveuse ;

2° Dans l'atelier des trains, une grue de 4 *t* pourvue de trois moteurs : le moteur servant à élever la charge consomme 9 *ch* et tourne à la vitesse angulaire de 1 800 tours par minute ; le moteur du déplacement latéral consomme 4,5 *ch* et tourne à 1 250 tours par minute ; enfin, le moteur du déplacement longitudinal prend 7,5 *ch* et tourne à 1 860 tours par minute.

Grue roulante, tournante, avec flèche abaissable de 10 mètres de portée.

Dans cet appareil qui vient d'être mis en service à Boulogne-sur-Mer, une seule dynamo réceptrice de 65 ampères et 200 volts sert à donner les divers mouvements de levage, d'orientation, de translation et de relevage de la flèche. Cette dynamo est capable de développer, en marche normale, une puissance de 1 270 *kgm* et, momentanément, une puissance double.

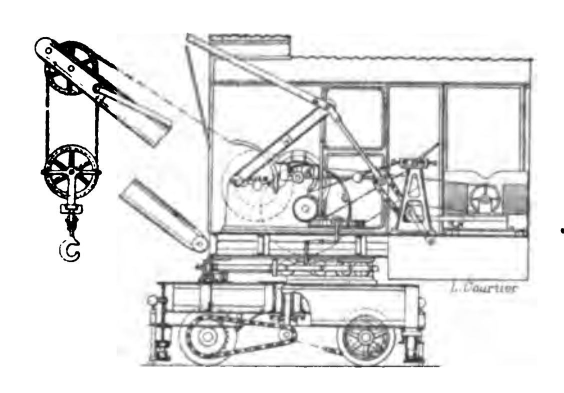


Fig. 18.

Deux prises de courant sont réparties le long de la voie sur laquelle circule la grue, et des câbles volants relient les conducteurs principaux à un commutateur rhéostat placé, sur la plate-forme de la grue, à proximité de l'agent qui dirige les manœuvres.

Le mouvement de la dynamo est transmis à l'arbre moteur principal au moyen d'une courroie *(fig. 18)*. Cet arbre principal

met en mouvement, par poulies de friction, un arbre intermédiaire qui est relié par engrenages cylindriques au tambour sur lequel s'enroule le câble de suspension.

Pour obtenir le levage de la charge, il suffit de lever le levier de manœuvre afin de mettre en contact les poulies de friction.

Pour maintenir la charge suspendue, on abandonne le levier de manœuvre, et la poulie de friction de l'arbre intermédiaire vient alors au contact d'un frein fixe monté sur le bâti.

Pour la descente, on lève plus ou moins le levier.

L'orientation s'obtient à l'aide d'engrenages mis en mouvement par un manchon d'embrayage à emboîtement conique placé sur l'arbre moteur, et actionnant l'un ou l'autre de deux pignons d'angle correspondant aux deux sens de marche.

Le mouvement de translation est commandé par une paire de chaînes Galle actionnant chacune l'un des essieux du truck. L'arbre des pignons Galle est relié par engrenages à l'arbre moteur. Un embrayage double permet d'obtenir le déplacement avant ou arrière de la grue.

Le système d'engrenages d'angle et de manchon, correspondant à la translation de la grue, peut également commander le mouvement de relevage de la flèche qui est obtenu par engrenage hélicoïdal, faisant tourner un arbre sur lequel sont montés deux pignons Galle entraînant chacun une chaîne; celle-ci fait retour sur un galet de renvoi attenant au caisson à lest, passe sur un deuxième galet fixé à l'extrémité inférieure des contre-tirants, et enfin vient s'attacher au caisson à lest.

Un manchon d'embrayage permet de débrayer la vis sans fin, en même temps qu'un mouvement spécial de linguet, combiné avec la manœuvre du manchon d'embrayage, assure la fixité de la vis sans fin.

Une manœuvre à bras peut remplacer instantanément la manœuvre électrique en cas d'avarie.

Grue applique de 500 kilogrammes

(fig. 19 et 20).

La Compagnie du Nord emploie également des grues fixes à pivot commandées par un moteur électrique actionnant le tambour de tirage par une courroie dont la tension est obtenue au moyen d'un contrepoids et d'un rouleau de renvoi.

Le moteur électrique est fixé sur le pivot de la grue, et le courant y arrive par des frotteurs.

Ce type de grue peut également être manœuvré à bras en cas d'avarie au moteur électrique.

Monte-charges électriques de 500 à 1 200 kilogrammes.

La Compagnie du Nord fait usage de monte-charges mis en mouvement par l'électricité lorsqu'il y a lieu de monter des marchandises dans des gares dont l'accès est au niveau de la rue, tandis que les voies et quais de chargement sont à un niveau supérieur.

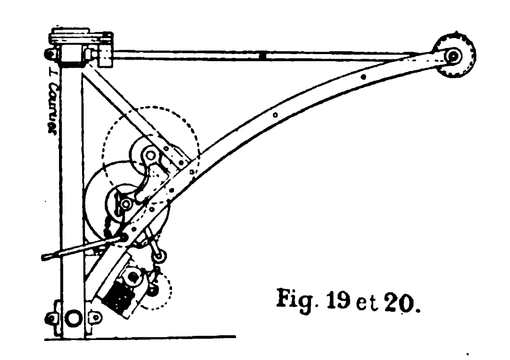
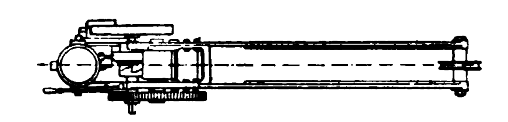


Fig. 19 et 20.



Ce système de monte-charges se compose d'une dynamo de 40 à 50 ampères sous 100 volts dont l'arbre de l'induit est prolongé par une vis sans fin qui engrène avec une roue hélicoïdale sur laquelle est une noix donnant directement le mouvement à une chaîne Galle. L'une des extrémités de la chaîne supporte le contrepoids qui fait équilibre à la cage ; l'autre extrémité est fixée à la cage mobile, et la chaîne revient à la noix après avoir passé sur une série de trois poulies à gorge.

Le pylône est constitué par quatre fers cornières qui servent de guide à la cage.

Près de la dynamo se trouvent le rhéostat de démarrage et le commutateur-inverseur.

Ces deux appareils peuvent être actionnés des deux niveaux du monte-charges, au moyen d'une corde en fil d'acier dont la tension est continuellement maintenue à l'aide d'un petit contrepoids.

Treuil électrique sur poutre en fer.

La Compagnie du Nord emploie également, à sa gare de la Chapelle, un treuil de 1,5 *t* mobile sur une poutre métallique fixe. Cet appareil remplit le même but que la grue à bras Nepveu dont il est fréquemment fait usage.

Le treuil comporte deux moteurs, l'un pour le levage et l'autre pour la translation.

Ascenseurs pour 700 kilogrammes.

La Compagnie d'Orléans a installé trois ascenseurs électriques à la gare du Luxembourg et deux à la gare Denfert.

Ils appartiennent tous au même modèle; un moteur électrique actionne une vis tangente qui commande les tambours sur lesquels s'enroulent les câbles qui soutiennent les cabines.

Ces ascenseurs servent également aux voyageurs et aux bagages; ils peuvent élever 700 *kg* à une vitesse de 0,40 *m* à 0,50 *m* par seconde.

Les manœuvres sont effectuées par une corde, dont un brin traverse la cabine, qui est déplacée à la main pour la mise en route, et automatiquement par la cabine pour l'arrêt (1).

Cette corde déplace un curseur sur les touches d'un rhéostat.

Pour l'arrêt, le curseur met en circuit des résistances, puis met l'induit du moteur en court circuit.

Transbordeur aérien pour colis *(fig. 21)*.

Depuis le mois d'août 1895, la Compagnie du Lancashire Yorkshire Railway emploie, dans sa gare de Victoria (Manchester), un transbordeur aérien se déplaçant sur un chemin de roulement suspendu qui, actuellement, a une longueur de 272 *m* et comporte deux rails espacés de 0,29 *m*.

Ces rails sont isolés de leurs supports et servent de conducteurs électriques.

Un chariot à deux essieux se déplace sur ces rails; les roues, à double bandage, sont accouplées; elles sont isolées de leurs essieux et du châssis; elles reçoivent le courant des rails et le transmettent, par des frotteurs en charbon, au moteur électrique.

(1) Voir *les Ascenseurs*, par MM. G. Dumont et G. Baignères. — Dunod et Vicq, Paris 1897.

Le même moteur commande la translation du chariot et le mouvement de levage, dans les deux sens.

En outre du moteur et du mécanisme de transmission, le chariot supporte un siège où se place l'agent chargé de la manœuvre qui circule avec l'engin.



Fig. 21.

Cet engin peut soulever 750 *kg* à une vitesse de 7,90 *m* par minute, et se déplacer à une vitesse de 210 *m* par minute (12 *km* à l'heure).

Le courant est fourni sous 110 volts.

L'appareil ne comporte ni rhéostat de mise en marche, ni interrupteur, le moteur tournant constamment et étant embrayé mécaniquement pour produire soit le levage soit la translation.

Quand on soulève une charge de 500 *kg*, l'intensité atteint 40 ampères au démarrage et tombe à 15 ampères pendant la montée.

Ce transbordeur permet l'emploi de courbes de faible rayon ; il laisse libre la surface des quais; les manœuvres sont faciles et rapides.

L'appareil de la gare de Victoria a les dimensions extérieures suivantes :

Hauteur au-dessus du rail	0,304 *m*
Largeur	0,450
Distance du point le plus bas au-dessous du rail	1,470
Longueur	1,370
Son prix, avec le panier et les accessoires, est de	4 900 *f*
Un modèle analogue, d'une puissance de 1 000 *kg*, coûte	6 700
Un engin pouvant circuler à 180 *m* par minute et soulever 3,5 *t* à 6,90 *m* par minute, coûterait.	7 500

Le prix, par mètre, du chemin de roulement, dépend de la disposition des charpentes des gares.

Transbordeur souterrain pour colis.

Nous croyons savoir que la Compagnie du Nord étudie en ce moment un transbordeur souterrain destiné à amener les colis des messageries en tête de chaque quai de départ.

Ce transbordeur sera d'une puissance beaucoup plus grande que celui de la gare de Victoria, dont nous venons de parler, puisqu'il pourra contenir 2 500 *kg* de bagages. D'un autre côté, l'appareil, manœuvré seulement des points extrêmes de son parcours, ne sera pas accompagné par des agents et, par suite, si des accidents viennent à se produire, ils ne pourront être que matériels. Cette application extrêmement intéressante de l'électricité rendra les plus grands services, et nous espérons la voir aboutir.

CONCLUSION

L'examen rapide que nous venons de faire des quelques appareils électriques de manutention que nous avons choisis comme types montre suffisamment tout l'intérêt que présente la question, et nous pensons que partout où l'on pourra se procurer l'énergie électrique à bas prix, la grande industrie des chemins de fer trouvera une nouvelle occasion de perfectionner son outillage, en restant ainsi à l'avant-garde du progrès industriel.

LES
CHARBONNAGES D'HONGAY (TONKIN)

PAR

M. Félix BRARD

Hongay.

Situation d'Hongay. — Le voyageur qui va en Extrême-Orient, à destination du Tonkin, s'embarque à Marseille et débarque trente-cinq jours après à Haïphong, port d'entrée du Tonkin.

A Haïphong on trouve, deux fois par semaine, le service « des Fluviales » qui, le faisant passer par Quang-Yen, le débarque, quatre heures après son départ d'Haïphong, à Hongay. Une chaloupe de la Société Française des charbonnages du Tonkin peut aussi l'amener directement d'Haïphong à Hongay.

D'Haïphong à Hongay, on aperçoit les palétuviers qui limitent l'horizon; à Quang-Yen les terrains d'alluvion disparaissent et surgit le calcaire carbonifère cristallin. On passe près de l'île de Cac-Ba, ancien refuge de pirates, et on entre dans la baie d'Along, composée de vingt à vingt-deux mille ilots de calcaire carbonifère, qu'une des dernières convulsions terrestres de l'époque tertiaire a fait surgir, le centre d'action étant l'île d'Haïnan.

La baie d'Along, avec son calcaire carbonifère, revêtu d'une végétation splendide, qui a été violemment redressé, est un spectacle féerique. Ces ilots atteignent jusqu'à 200 mètres de hauteur. Ces masses calcaires sont quelquefois perforées sous forme de tunnels; d'autres fois elles se présentent sous forme de grottes avec stalactites et stalagmites.

La baie d'Along est le port naturel de refuge des navires des Messageries Maritimes, des navires de commerce et de guerre, ainsi que de nos magnifiques transports de guerre français qui viennent faire la relève. La baie d'Along est le seul endroit à l'abri des typhons des mers de Chine et, comme conséquence inévitable, Hongay sera plus tard le port de guerre du Tonkin. C'est ainsi, du reste, que l'amiral Courbet avait étudié l'un des emplacements auquel on a donné son nom, baie du port Courbet.

A la sortie de la baie d'Along, qu'on laisse à l'est, on aperçoit devant soi tout à coup toute l'installation d'Hongay, le télégraphe optique, le poste de la douane, l'usine de l'accumulateur qui sert à mouvoir les grues hydrauliques de chargement placées sur un grand appontement, les magasins, les bureaux, la poudrière, le laboratoire d'essai, un ensemble de logements pour le personnel, les quais, les ateliers de construction et de réparation surmontés par le bâtiment de la Direction, les ateliers de criblage, le dépôt de locomotives, le village sino-annamite et les chaloupes à vapeur.

Ce qui frappe surtout, c'est ce magnifique appontement que nous décrivons plus loin, dû à l'initiative de la Société seule.

L'aspect d'Hongay est agréable ; ce n'est plus l'industrie charbonnière des pays brumeux du Nord; c'est l'industrie charbonnière transportée dans les pays du soleil. On chercherait vainement sur une carte, même les plus nouvelles cartes hydrographiques de la Marine, la situation d'Hongay; on y verra l'île de ce nom, mais l'agglomération qui porte ce nom actuellement n'a commencé à sortir de terre qu'à partir de 1889; mais les nouvelles cartes faites après 1892 indiquent la position d'Hongay.

Historique. — La concession des mines d'Hongay fut accordée le 7 avril 1888. Elle comprenait les trois lots dits de Hongay, d'Hatou et de Campha. Il fut payé 150 000 francs comme droits de concession au Protectorat, à raison de 10 francs par hectare, et la Compagnie devait payer des redevances annuelles, énormément élevées et qui, depuis, ont disparu.

Dès le mois d'août 1888, les travaux commençaient; bien peu d'ingénieurs peuvent se figurer ce que c'est que commencer des travaux dans des conditions pareilles. Les premiers Européens vécurent sous la tente, exposés aux tigres, aux pirates, aux serpents et aux fièvres paludéennes. Le ravitaillement ne pouvait provenir que d'Haïphong en comestibles, outils et matériaux. Il fallut immédiatement créer des chemins provisoires, acheter des chaloupes à vapeur, des chalands, louer des sampans pour le transport du personnel, du matériel et des vivres. Bien des fois, il fallut vivre comme l'Annamite, avec du riz seulement et du poisson cru. Les premiers travaux consistèrent en magasins et constructions pour abriter l'Européen, ainsi qu'un appontement provisoire ; on faisait en même temps les travaux de débroussaillement, les travaux de recherches aux affleurements des

couches, les études de deux chemins de fer, puis la construction de leur plate-forme, la pose de la voie, le ballastage, les ateliers, un quai de 800 *m* de long, un appontement de 85 *m* de front d'accostage ayant 6,30 *m* de hauteur d'eau à marée basse, de nombreuses maisons d'habitation, des appontements à Hatou, Marguerite et Nagotna pour recevoir les vivres, surtout le riz pour les Annamites et Chinois que l'on occupait.

Il fallait de plus, assurer le ravitaillement en riz de 3 000 coolies annamites et chinois, dispersés en quatre endroits différents, à l'aide de chaloupes à vapeur et de nombreux sampans; il devint indispensable d'arrêter un plan définitif de concentration du travail, de façon à déterminer, d'après les nombreux travaux de recherches, les endroits où l'exploitation serait la plus rémunératrice. Un chemin de fer de 4 200 *m* à voie de 1 *m* était livré à l'exploitation en octobre 1891 et est toujours resté le modèle de chemin de fer de la colonie, celui de Phu-Lang-Thuong à Langson à voie de 0,60 *m* étant insuffisant à tous les points de vue. En octobre 1892, une voie ferrée de 11 *km* unissait Hongay à Hatou: avec nos formalités administratives, il eût fallu une dizaine d'années; l'exploitation allait entrer dans une excellente voie, lorsque, le 10 novembre 1892, une bande de pirates envahit, à la tombée de la nuit, le village minier de Nagotna, de 2 000 âmes, dont 800 coolies travaillant à la mine, et pilla complètement, par erreur, la maison habitée par le chef mineur, où les pirates cherchaient l'ingénieur divisionnaire, but de leur visite. L'ingénieur ne fut pas pris, mais trois jours après, le 13 novembre 1892, une bande de 200 pirates envahit, par trois endroits différents, le district minier de Nagotna; les Européens, avertis à temps, purent se réfugier à Hongay, d'où l'on vit l'incendie du village sur 1 *km* de longueur et celui d'une maison européenne.

Du jour au lendemain, cette population se trouva sans abri, sans vêtements, sans aliments, dénuée de toutes ressources. Le Protectorat accorda en tout dix piastres de secours soit 36 francs, pour les 800 Annamites, environ 4 centimes 1/2 par tête et ne donna rien aux Européens qui n'avaient pu sauver que les vêtements qu'ils portaient. La Société d'Hongay n'était alors protégée par aucune force militaire d'aucune espèce, pas plus canonnière que linhs annamites, ni aucun Européen. Une expédition militaire qui eut lieu un mois après fut sans résultat, et la pacification n'eut lieu que par la police annamite commandée par les gardes principaux qui envoyèrent à Quang-Yen, siège de la Rési-

dence, de nombreuses têtes de pirates. Ces têtes, bien exposées sur la place publique, firent voir à chacun, d'une façon tangible, surtout aux Chinois, amis des pirates et leurs fournisseurs, que la répression était sérieuse. Depuis cette époque et avec la construction de blockhaus, la sécurité la plus complète n'a cessé de régner.

Les deux visites de pirates, surtout la seconde, répandirent la panique parmi tout le personnel de mineurs européens de Nagotna qui refusèrent, pendant trois mois et demi, de coucher à la mine malgré la présence de 50 linhs commandés par un garde principal. L'"ingénieur divisionnaire resta donc seul, la nuit, abandonné par son personnel, et nombre de fois il alla, à dix heures du soir, au puits en fonçage où il n'y avait plus de surveillance européenne de nuit, descendit dans le puits et se demandait comment il ferait pour remonter, si une avarie quelconque survenait au treuil à vapeur conduit par des Annamites. Quelques-uns des surveillants, six mois après, n'étaient pas guéris de leur panique, et ont préféré retourner en France plutôt que de rester, voyant, dans leur imagination, des pirates à tout moment.

L'exploitation interrompue reprit peu à peu. La Société construisit des abris pour les Annamites et depuis ce temps, l'exploitation n'a cessé de se développer. Ce qui va suivre est l'explication de la situation actuelle.

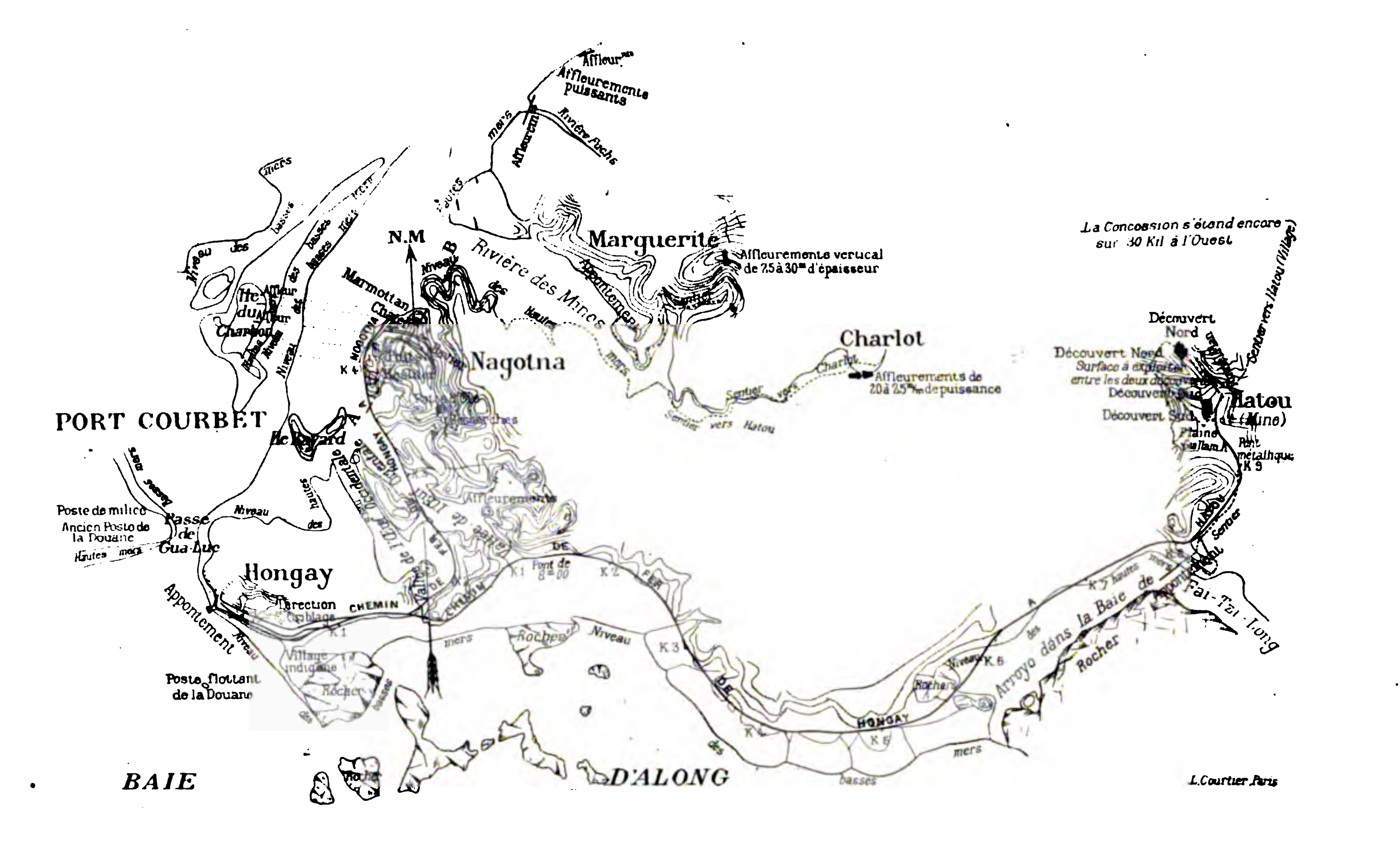
Bassin houiller.

Partie géologique. — Le bassin houiller du Tonkin fut étudié en 1882 par M. Fuchs, ingénieur en chef des Mines, et M. Saladin, ingénieur civil des Mines. Leurs travaux ont paru dans les *Annales des Mines de 1892*. En 1885 et 1886, M. Sarran, ancien élève de l'École d'Alais, fit de nombreux travaux de reconnaissance, surtout à Nagotna, et le résultat de ses études est mentionné dans le livre qu'il écrivit à cette époque *(Étude sur le bassin houiller du Tonkin, 1888)*.

En 1886 parut dans l'*Avenir du Tonkin* un article intitulé *la Houille dans l'Extrême-Orient*, par Laur.

En décembre 1889, dans l'*Officiel du Tonkin* parut une étude géologique sur le sol du Tonkin.

En 1890, notre collègue, M. Rémaury publia *le Tonkin et ses ressources houillères*.



La Concession s'étend encore sur 30 Kil à l'Ouest
Sentier vers Hatou (Village)
Découvert Nord
Découvert Nord
Découvert Sud
Hatou (Mine)
Pont métallique
K 9
Fai-Tzi-Long
Arroyo dans la Baie de
Rocher
Charlot
Affleurements de 20 à 25m de puissance
Sentier vers Hatou
Marguerite
Affleurements vertical de 7,5 à 30m d'épaisseur
Appontement
Rivière des Mines
Affleurements puissants
Rivière Fuchs
N.M
Marmottan
Nagotna
Affleurements
Ile du Charbon
Niveau des basses mers
PORT COURBET
Ile Bayard
Poste de milice
Ancien Poste de la Douane
Passe de Gua-Luc
Hautes mers
Hongay
Direction
CHEMIN
K 1
K 2
K 3
K 4
K 5
K 6
K 7
HONGAY
Appontement
Village indigène
Rocher
Poste flottant de la Douane
Niveau des basses mers
BAIE
D'ALONG
L. Courtier Paris

De nombreux rapports particuliers existent, mais tous ont pour base les travaux de MM. Fuchs et Saladin et Sarran.

Le bassin houiller du Tonkin forme une bande presque continue dirigée en moyenne de N.70°E.-S.70°O.

On trouve la série, granit de la base, terrains primitifs représentés par des schistes anciens micacés, talqueux et quartzeux adossés à l'arête granitique qui court de N.-N.-E au S.-S.-O. Au-dessus se trouve le terrain dévonien composé de schistes et de grès et que l'on voit du côté de Yen-Bay, traversé par le fleuve Rouge; enfin le calcaire carbonifère gris ou blanchâtre et cristallin est venu se déposer sur les schistes et grès du dévonien. C'est cette assise qui, brisée par les soulèvements de l'époque tertiaire, forme la baie d'Along.

Enfin, au-dessus, apparaît la formation houillère avec ses conglomérats, grès et schistes plus ou moins colorés par l'oxyde de fer et comprenant la houille.

A Hongay, on voit d'une façon très bien manifestée le calcaire carbonifère relevé à pic, ce qui a dû se produire en même temps que les dernières éruptions porphyriques de l'époque tertiaire. Ces mouvements ont été la cause de nombreux rejets que l'exploitation a permis de reconnaître, principalement dans une partie de la concession au lieu dit Nagotna.

Travaux de recherches.

Couche Marguerite.

Les recherches furent faites à la rivière des Mines, mine Marguerite, à la mine Jauréguiberry, à Campha, limite est de la concession, à Hatou, moitié distance d'Hongay à Campha et à Nagotna en face la baie du Port-Courbet.

A la rivière des Mines et à la rivière Fuchs, la couche de charbon dépasse 20 *m* de puissance utile, atteint quelquefois 28 et 30 avec une puissance totale de 44 *m;* sa friabilité à la superficie a fait renoncer à son exploitation après des travaux excessivement importants; d'autre part son éloignement relatif du port d'embarquement, les travaux coûteux de chemin de fer à établir et la nécessité de concentrer les travaux ont obligé à arrêter les recherches de ce côté. La couche a de 60 à 80° d'inclinaison et se retrouve en plateure à 2° sous la mer.

Couche Jauréguiberry ou Charlot.

La couche a une direction sensiblement est-ouest (N.80°E.) avec un pendage de 55° et une puissance de 20 à 22 *m* en charbon dur, même à la superficie. La qualité est exceptionnelle comme charbon anthraciteux, 1,20 0/0 à 3,30 de cendres.

Son éloignement relatif des chemins de fer établis dans la concession y a fait renoncer momentanément, d'autant plus qu'on se trouve en pleine forêt vierge. Pour en donner une idée, un sentier de 2 *m* de largeur établi à coups de hache était envahi dix-huit mois après par des bambous de 6 *m* de hauteur et une brousse de 2 *m* interceptant le passage.

Couche de Campha.

A Campha, la partie la plus orientale de la concession, les études de reconnaissance ont démontré l'existence de charbon dur avec un bon pouvoir calorifique; mais le manque de sécurité qu'on rencontrait jusqu'en 1893 en cet endroit parcouru par les pirates y a fait renoncer.

Couche d'Hatou.

A Hatou, on rencontre deux couches, une petite, dite couche du mur, et la grande couche de 50 à 60 *m* de puissance entre toit et mur, dont 30 à 40 *m* d'épaisseur utile. La direction varie de 40°N. à 70°N. et son inclinaison entre 16° et 47°. *La caractéristique de tous ces charbons, c'est qu'ils n'ont pas un seul filet schisteux intercalé et qu'ils ont un minimum de cendres, rarement atteint ailleurs.* On trouve les bancs de charbon et les bancs de schistes nettement séparés. Il est très probable que les couches d'Hatou et de Jauréguiberry ne sont que les affleurements d'une même couche formant une grande cuvette elliptique de 2 *km* de grand axe et de 1 500 *m* de petit axe avec des renflements et des amincissements excessivement importants. Si cela est vrai, et c'est l'opinion de tous ceux qui l'ont étudiée, on aurait une existence de *cinquante millions de tonnes* dont on peut justifier dès à présent du sixième, soit de *huit millions*.

Couches de Nagotna.

A Nagotna, on est dans la partie la plus mouvementée de tout le gîte; douze couches ont été reconnues; quatre d'entre elles, les quatre premières, ont les puissances suivantes et sont en exploitation :

1° *Couche Marmottan.* — Couche de 1,80 *m* de charbon pur, sans un seul filet schisteux, même à la loupe, inclinaison de 10 à 30°; cendres 2,08 0/0;

2° *Couche Chater.* — Couche de 4 *m* de puissance avec deux barres schisto-pyriteuses de 10 *cm* et de 20 *cm* soit une épaisseur réduite de 3,70 *m* sans aucun filet schisteux dans la masse du charbon; cendres 2,20 à 2,60 0/0. Inclinaison de 30 à 50°.

3° *Couche Bavier.* — Couche de 3,80 *m* à 4 *m* de puissance, sans barre aucune, ni filets schisteux, sauf aux rejets; charbon pur et dur, à flamme; cendres 2,20 à 2,80 0/0; inclinaison de 15 à 30° et de 30 à 50°.

Couche Sainte-Barbe.

6 *m* de puissance avec 3 barres schisteuses de 60 *cm* d'épaisseur totale, soit 5,40 *m* d'épaisseur utile; cendres, 2,50 à 3,50 0/0. Charbon friable. Inclinaison, 50 à 60°.

Dérangements. — Rejets.

Hypothèse d'un sommet de selle. — Hypothèse d'un rebroussement. — Toutes ces couches, aux abords de la baie du Port-Courbet, sont rejetées; au lieu dit les « Recherches », elles subissent de nouveaux rejets atteignant quelquefois 90°. Le croquis en plan ci-contre indique les rejets connus.

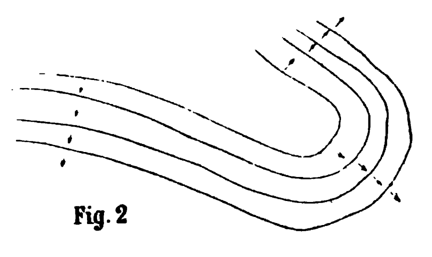
Fig.1

Le plan indique un rejet à toutes les couches aux abords de la baie du Port-Courbet, puis toute une série de rejets reconnus dans la couche Bavier et la couche Sainte-Barbe et qui démontrent un rebroussement.

Les quatre couches Marmottan, Chater, Bavier, Sainte-Barbe se retrouvent avec les mêmes inclinaisons, la même puissance, la même nature de charbon en B, avec pendage inverse. De là deux hypothèses: la première l'existence d'un sommet de selle où les érosions auraient dénudé la colline, formé un ravin, et on

aurait ainsi l'explication de la présence des couches en A′, B′, C′, D′ avec pendage inverse. Cette hypothèse ne peut exister par suite des travaux de reconnaissance exécutés dans les couches Bavier et Sainte-Barbe, et qui ont démontré l'existence de nombreux rejets avec plissements et prouvent le *rebroussement* de la couche.

Le croquis schématique 2 montre le rebroussement qui ne s'est pas fait sans déchirures, ni ruptures que les rejets du croquis 1 indiquent par les travaux.


Fig. 2

Du reste, le soulèvement du calcaire carbonifère de la base, visible dans la baie d'Along, indique les puissants efforts qui ont eu lieu à l'époque tertiaire, et qui ont contribué à rendre friable le charbon.

A Hatou même, on voit des rejets dans le sens horizontal et dans le sens vertical. Ces mêmes rejets, dans le sens vertical, existent dans la couche Bavier.

La coupe transversale permet de voir qu'un puits situé en P recoupera, non seulement les quatre couches désignées Marmottan, Chater, Bavier et Sainte-Barbe, mais toutes les couches supérieures à cette dernière. Le plan général indique, du reste, ce mouvement général de rebroussement.

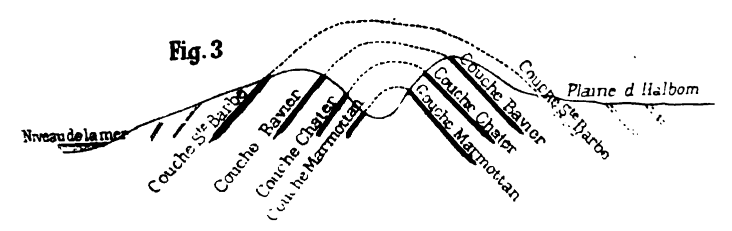


Fig. 3

Composition élémentaire des charbons.

Les tableaux suivants indiquent le premier la composition élémentaire des charbons, en carbone, hydrogène, oxygène, azote, soufre, cendres, eau, non seulement ceux de Hongay, mais ceux de composition similaires d'Europe ainsi que ceux des charbons du Japon et d'Australie avec lesquels il y a à lutter au point de vue commercial.

Composition élémentaire des charbons.

NATURE	DENSITÉ	CARBONE	HYDROGÈNE	OXYGÈNE	AZOTE	O + Az	SOUFRE	CENDRES	EAU	PRODUITS VOLATILES	COKE
Cardiff	1,346	89,92	4,28	0,94	1,21	2,15	1,18	1,45	1,12	6,43	91,37
—	1,350	88,25	4,25	1,98	2,17	4,15	0,58	1,86	0,91	8,40	90,11
—	1,343	87,06	4,14	4,32	0,46	4,78	0,74	2,05	1,23	8,92	90,34
Nagotna (Tonkin)	1,357	87,29	3,80	2,14	1,07	3,21	0,40	3,33	1,97	7,01	90,62
Hatou (Tonkin)	1,377	89,29	3,36	2,34	0,99	3,33	0,45	2,08	1,49	6,69	93,17
Campha (Tonkin)	1,397	89,35	3,20	2,54	0,63	3,17	0,51	2,50	1,47	6,37	94,10
Japon		79,26	5,86	5,84	2,92	8,76	0,11	4,51	1,50	14,62	58,01
—		72,10	5,10	6,27	3,13	9,40	4,51	7,80	2,09	15,40	55,82
Bornéo		71,66	5,53			14,66	0,71	3,60	2,00	20,19	50,70
—		77,52	5,94			10,22	1,08	1,43	7,05	16,16	
Australien		74,13	4,94			14.22	0,68	5,00	1,03	19,16	
Charleroi		90,89	3,65			3,98		1,48		7,63	91,86
Mons		85,10	5,49			7,25		2,16		12,74	72,90
—		82,91	5,22			10,13		1,74		15,35	66,96
Pas-de-Calais		82,68	4,18			4,54		8,60		8,72	87,62
Nagotna		84,00								11	
Hatou		85,60								8,40	
Campha		84,20								10,20	
Nixon's Navigation		87,70	4,07	2,35	0,96	3,31	0,67	3,03	1,22		
—		89,50	3,50			5,40		1,60		8,90	
Océan Merthyr		80,20	5,17	0,71	2,17	2,88	0,07	1,66		8,05	

Composition des charbons, les cendres, l'eau et le soufre déduits.

NATURE	DENSITÉ	CARBONE	HYDROGÈNE	OXYGÈNE	AZOTE	O + Az	ANNÉE des ESSAIS	PRODUITS VOLATILES	RAPPORT $\frac{O+Az}{H}$	RAPPORT $\frac{C}{H+O+Az}$	ESSAIS
Cardiff.	1,346	93,32	4,46	0,97	1,25	2,22	1891	6,68	0,5	13,97	Anglais
—	1,350	91,30	4,42	2,04	2,24	4,28	»	8,70	0,94	10,49	Id.
—	1,343	90,70	4,33	4,50	0,47	4,97	»	9,30	0,87	9,75	Id.
Nagotna (Tonkin). . . .	1,357	92,46	4,06	2,25	1,13	3,38	1891	7,44	0,83	12,43	Attkinson, Cardiff
Hatou (Tonkin).	1,377	93,02	3,52	2,43	1,03	3,46	»	6,98	0,98	13,32	Pattinson, Newcastle
Campha (Tonkin). . . .	1,397	93,36	3,34	2,65	0,65	3,30	»	6,64	0,99	14,04	Id.
Japon		84,43	6,24			9,33	»	15,57	1,49	5,42	Docteur Percy
—		82,00	5,95			12,15	»	18,10	2,03	4,53	Id.
Bornéo.		78,02	6,02			15,96	»	21,98	2,66	3,55	Id.
—		82,74	6,54			10,72	»	17,26	1,64	4,70	Id.
Australien		79,82	5,31			14,87	»	20,18	2,88	3,90	Id.
Charleroi		92,26	3,70			4,04	»	7,74	1,09	11,90	Id.
—		86,98	5,61			7,41	»	13,02	1,32	6,67	Id.
Mons		84,38	5,31			10,31	»	15,62	1,94	5,40	Id.
Pas-de-Calais.		82,18	6,01			11,81	»	17,82	1,97	9,40	Id.
Nagotna		88,42					»	11,58		7,60	Carnot
Hatou		91,06					»	8,94		10,10	Id.
Campha		89,19					»	10,81		8,2	Id.
Nixon's Navigation . . .		92,23	4,28			3,48	»	7,77	0,81	11,80	Cie de Navigation
— . . .		90,95	3,55			5,48	»	9,05	1,54	9,90	Id.
Océan Merthyr		90,79	5,26			3,95	»	9,21	0,75	9,80	Id.

Les deux tableaux indiquent : 1° l'un la composition élémentaire des charbons de Cardiff, japonais, de Bornéo, des trois grandes Compagnies employant des charbons de Cardiff; 2° l'autre la composition en carbone et produits volatils (cendres, eau et soufre déduits) avec les rapports de l'oxygène et de l'azote, avec l'hydrogène. De ces deux tableaux on déduit que les charbons d'Hongay sont des houilles maigres anthraciteuses, avec des quantités d'hydrogène excessivement faibles, puisqu'elles sont au-dessous de 4 0/0, que le rapport $\frac{O + Az}{H}$ arrive à l'unité, que les quantités O + Az sont très réduites.

L'analyse faite à l'École des Mines de Paris par M. Carnot, donne de 8,94 à 11,58 de produits volatils, cendres déduites, c'est-à-dire une proportion plus grande de produits volatils que dans les essais anglais; en tout cas ces houilles ont ce caractère de donner une flamme courte et de brûler presque sans fumée. La proportion des cendres est très faible puisqu'elle varie entre 2,08 0/0 et 3,33 0/0 et cela constamment. La faible teneur en cendres est la caractéristique des charbons d'Hongay, ainsi que la petite quantité de soufre qui varie entre 0,4 et 0,51 d'unité.

Expériences de cohésion a l'arsenal d'Haiphong.

1° *Sur les charbons à l'état de roche.* — La cohésion, d'après les arrêtés ministériels, est obtenue en mettant 50 *kg* de charbon cassé en morceaux de 500 *gr* environ, dans un cylindre avec séparations longitudinales en tôle obligeant le charbon à faire une chute quand le cylindre tourne. On doit faire tourner le cylindre avec cinquante révolutions par minute pendant deux minutes. Le tout est passé sur une tôle perforée de trous carrés de 35 *mm;* la quantité qui a refusé le passage, multipliée par 2, représente le tant pour cent de cohésion.

En charbon cru, les expériences faites à l'arsenal d'Haïphong, en juin 1889, ont donné les résultats suivants :

Charbon de Newcastle, en roche, 38 0/0;
— de Cardiff, en roche, 34 0/0;
— d'Hongay, en roche, 30 0/0.

Ces derniers résultats, par suite de travaux en profondeur, ont été améliorés et ont donné 34 0/0 aux couches dites de l'excavateur.

2° *A l'état de briquettes.* — Les premières briquettes produites

par l'usine d'agglomération de la Société d'Hongay avaient donné à l'arsenal d'Haïphong, sans que les intéressés fussent présents, en juin 1893 :

Cohésion 62 0/0;
Résidus d'incinération au laboratoire 4 0/0.

EXPÉRIENCES DE COHÉSION ET DE VAPORISATION.

Production de vapeur par kilogramme de briquettes à 3,500 *kg* de pression au lieu de 1 *kg*, 7 *kg*.

Résidus, cendres et escarbilles	0/0	21
— mâchefer		1,60
TOTAL.	0/0	22,60

L'Ingénieur de l'arsenal avait autrefois donné l'opinion écrite suivante :

« Le charbon s'allume très bien, brûle avec une flamme blanche sans crépiter; il produit peu de fumée. La chauffe est très facile; pendant les deux journées d'essai, on n'a pas eu besoin de ringarder; les feux se travaillent à la pelle et les grilles sont toujours propres.

» En résumé, ce charbon, dont le seul côté faible est sa puissance vaporisatrice un peu moindre que les agglomérés français, peut être employé avantageusement dans nos chaudières marines, et serait incomparablement supérieur au mélange brûlé actuellement. »

L'observation de l'Ingénieur de l'arsenal porta ses fruits : l'usine à briquettes fut modifiée et les produits améliorés. Un marché passé entre le Protectorat et la Société française des charbonnages d'Hongay, le 14 septembre 1893, notifié le 28 septembre, de 10 000 *t* de briquettes, sous palan, à Haïphong, au prix de 32,50 *f*, imposait une cohésion supérieure à 53 0/0 et une puissance de vaporisation supérieure à 6,500 *kg* et 27 0/0 maximum, comme escarbilles, cendres et mâchefer.

Les expériences de cohésion et de vaporisation furent faites par la commission de l'arsenal. Voici les résultats :

Production de vapeur à 3,500 *kg* par kilogramme de briquettes . . . . 8,477 *kg* au lieu de 6,500 *kg*

Cohésion			69 0/0	—	53 0/0
Mâchefer . . .	6,50	21,81	21,81 0/0	—	27 0/0
Cendres tamisées. .	13 »				
Escarbilles . .	7,60				

Les expériences devaient être faites à 1 *kg* de pression, soit à 100°; elles ont été faites à 3,500 *kg;* les escarbilles devaient être repassées; elles ne l'ont pas été; le maximum 27 0/0 n'a pas été atteint. Les briquettes de la Grand'Combe envoyées n'avaient que 63 0/0 de cohésion.

En présence de ces résultats brillants de vaporisation et de cohésion, l'Ingénieur de l'arsenal trouva qu'il n'avait aucune objection à présenter. Cette constatation officielle eut lieu le 20 avril 1875 à Haïphong.

Le charbon employé à l'état cru pour les locomotives, pour les chaudières des chaloupes allant d'Haïphong à Hongay, et *vice versa*, et pour les chaudières fixes, compris entre 15 *mm* et 32 *mm* et au-dessus, donne d'excellents résultats au point de vue de la production de vapeur.

Travaux effectués à la mine Nagotna.

Ces travaux ont consisté, après reconnaissance des couches, en traçage de galeries en direction à diverses hauteurs, reliées par des montages, puis suivi du dépilage de la couche et de son remblayage.

Couche Marmottan. — A la couche Marmottan, de 1,80 *m* de puissance, inclinaison de 20° à 36°, les travaux d'exploitation ont été descendus à 20 *m* au-dessous du niveau de la mer, qui était à 50 *m* de distance à haute mer, sans aucune infiltration d'eau de mer. Un treuil à vapeur remontait les produits à 10 *m* au-dessus du niveau des hautes marées, et de là les wagonets étaient conduits à un criblage sur tôles fixes.

Le dépilage s'est effectué sans laisser de charbon avec remblayage complet. Les travaux ont été interrompus par le pillage et l'incendie de Nagotna le 13 novembre 1892.

Couches Chater et Bavier. — A la couche Chater de 4 *m* de puissance dont deux barres schisto-pyriteuses de 0,30 *m* d'épaisseur totale, le dépilage s'est effectué par la méthode des tranches inclinées ainsi qu'à la couche Bavier, par l'enlèvement en deux tranches. La première tranche de 2 *m* était remblayée et peu après on s'appuyait sur les remblais pour dépiler la seconde tranche; remblai complet venant de l'extérieur. L'inclinaison a varié de 25° à 42°.

Le rendement par coolie, tant de l'intérieur que de l'extérieur, a souvent dépassé 600 *kg*.

Couche Sainte-Barbe. — A la couche dite de Sainte-Barbe, 6 *m* de puissance, 55° à 71° d'inclinaison, la méthode d'exploitation a été celle des tranches horizontales montantes avec remblai complet. Tous les travaux ont été jusqu'alors au-dessus du niveau des hautes marées.

Puits Kestner. — Dans le même temps un puits de 3,75 *m* de diamètre intérieur était foncé à Nagotna, de façon à recouper, en profondeur, les couches Bavier, Chater, Marmottan et trois autres couches au mur de cette dernière et par travers-banc la couche dite de Sainte-Barbe et les couches du toit de Sainte-Barbe.

Un treuil à vapeur permettait l'extraction des déblais à l'aide de tonneaux de 500 *l* fabriqués aux ateliers et de bennes d'épuisement de 700 *l*. Le tout était reçu sur un pont roulant.

L'approfondissement laissa plus qu'à désirer pendant les quatre mois qui suivirent le pillage de Nagotna, le personnel européen et le personnel annamite ayant des craintes légitimes. En tout cas, les faits suivants démontreront ce que l'on peut faire d'un personnel annamite avec un personnel européen de surveillance réduit à un seul agent pour les vingt-quatre heures et vivant à 30 *m* du puits en fonçage. Jamais en Europe, ni ailleurs, le fonçage d'un puits n'a été conduit avec un personnel aussi réduit et aussi dévoué. Le surveillant unique, Européen, chargé du fonçage, avait en plus de celle du tir, la surveillance des chaudières et du treuil à vapeur de jour et de nuit. Les machinistes étaient Annamites; ils travaillaient huit heures comme les ouvriers du fond; l'un d'eux, fumeur d'opium a laissé une fois, de nuit, monter l'eau de 1,40 *m* avec douze Annamites au fond, malgré les appels réitérés de la cloche des signaux. On était donc exposé à tous les dangers, rupture du câble, chute de benne et des déblais ou d'outils, enlèvement prématuré de la benne au moment du tir des explosifs, etc. Malgré cela, pour un fonçage de 132 *m*, il n'y a eu aucune mort d'homme.

Dans ces conditions si défavorables et malgré un débit d'eau douce atteignant 1,75 *l* à 2 *l* par seconde à enlever à la benne, le fonçage, avec des Annamites seuls, atteignit cependant dans une traversée de grès et schiste houiller 19,20 *m* en un mois. Le tiers du temps était consacré au boisage descendant du puits avec des cadres octogonaux, à l'épuisement, au tir des explosifs, à la

remonte et à la descente des coolies, et à l'extraction des déblais et à l'épuisement. Le fonçage eût dépassé 21 *m* si une avarie au treuil à vapeur n'eût pas arrêté le fonçage pendant trois jours.

C'est un beau résultat avec les faibles moyens dont on disposait.

Le diamètre du puits en fouille, sauf dans une traversée de conglomérat à gros éléments excessivement durs, était de 4,40 *m* ; les briques de muraillement avaient 0,22 *m* de longueur; l'espace compris entre les parois de la fouille et le revêtement en briques était rempli de béton. La quantité de ciment par mètre cube de sable était de 350 *kg*.

Deux recettes de 2,50 *m* de largeur, maçonnées, furent ménagées dans le puits, ainsi qu'une niche de 3 *m* de profondeur sur 2,50 *m* de largeur et 3 *m* de hauteur, pour y loger une pompe Worthington capable d'élever 12 à 20 *l* par seconde à 200 *m* de hauteur. Pour le muraillement du puits, au lieu d'employer un plancher suspendu, mobile, qui aurait soutenu les coolies annamites, les briques et le mortier, et qui aurait eu une ouverture de 1,30 *m* à 1,40 *m* pour laisser passer la benne d'épuisement, on préféra se servir d'un pont flottant, composé de huit bordelaises encastrées dans un cadre en charpente, vide au milieu pour le passage de la benne d'épuisement de 700 *l*.

On avait donc à épuiser, par jour seulement, le débit du puits diminué du volume provenant de la hauteur de muraillement exécutée pendant le jour, en même temps que l'épuisement se faisait rapidement et à pleine benne, sans avoir à s'occuper d'aucune façon de relever le pont à mesure que la maçonnerie s'élevait; avec un pont de service, on eût toujours pu craindre une rupture des cordes de suspension par la pose brutale d'une benne chargée de matériaux sur le pont. Les matériaux, briques, mortier, béton, s'arrimaient sur le pont flottant qui supportait les maçons annamites.

Le muraillement exigeait le déboisage du puits, l'enlèvement des bois, cadres, planchers, coins, la descente des matériaux, l'enlèvement des 250 à 280 bennes d'eau de 700 *l*. L'avancement varia entre 1,50 *m* à 1,75 *m* par jour, avec un seul surveillant par vingt-quatre heures, qui s'occupait des dosages du ciment de la superficie, de l'arrivée des matériaux et du treuil à vapeur. Une descenderie à 30° d'inclinaison fut foncée à l'aide d'un treuil à vapeur, installé à la superficie, dans la couche Chater, et fut mis en communication par un travers-banc de 70 *m* et une galerie

d'allongement avec cette descenderie, ce qui permettait la ventilation de tous les travaux futurs dans la couche Chater.

Un travail analogue a été commencé pour la couche Bavier: tous ces travaux, exécutés avec un minimum de personnel européen, qui n'a jamais été atteint nulle part, et qu'on ne permettrait pas en Europe, ont pu être faits, grâce au dévouement complet de ce personnel et à la facilité avec laquelle on manie le personnel annamite, à la condition de lui donner, en plus de son salaire, pour ces travaux difficiles, une gratification en riz.

Les couches ne contiennent pas de grisou; on travaille donc avec la lampe à feu nu.

Les travaux intérieurs ont obligé à la construction de plans inclinés automoteurs, et il était prévu, pour l'exploitation souterraine, des plans inclinés à chariot porteur, pour desservir chaque étage de 40 *m* de hauteur.

A la superficie, par suite des grandes dénivellations, atteignant, sur des parcours de 150 *m*, jusqu'à 100 *m* de hauteur, il a été commencé l'installation d'un plan incliné bis-automoteur, dont le but était de ramener, de la cote + 8 à la cote + 30, les bennes vides déchargées au culbuteur des cribles, au puits d'extraction, en les relevant à la cote + 38 et en les abandonnant sur une pente de 15 *mm*, à elles-mêmes, pour retourner au puits. Quant au puits, il est prévu avec un chevalet en bois de Manille, et guidage métallique, et épuisement par pompe Worthington.

Travaux effectués à la mine d'Hatou.

Hatou, à 11 *km* d'Hongay, est le siège d'une exploitation à découvert, d'une couche de 45 à 60 *m* de puissance, avec des bancs de schistes et de grès, intercalés, qui en ramènent la puissance utile de 30 à 46 *m*. Chaque banc de charbon est entre deux bancs de schistes, mais *aucun filet schisteux, comme à Nagolna, n'existe dans le banc de charbon*, de sorte que les menus arrivent à n'avoir que 6 à 6,50 0/0 de cendres, ce qui fait l'*économie, rare dans une exploitation houillère, d'un atelier de lavage*.

La direction du gite varie de 40° N. à 70° N. Son inclinaison est au sud-ouest et varie de 15° à 46°. La teneur en cendres du charbon ne dépasse pas 3,33 0/0 et des bancs entiers n'ont souvent que 1,80 0/0. Le recouvrement de la couche sur la zone d'affleurement varie entre 0,50 *m* et 2 *m*; l'exploitation, commencée

complètement à ciel ouvert, est divisée en deux grands chantiers, l'un appelé découvert Sud, l'autre appelé découvert Nord.

L'exploitation se fait par gradins droits, et le charbon s'abat en faisant un havage ou sous-cave dont on abat les étais; l'action de grands coins atteignant jusqu'à 1 *m* de longueur produit l'abatage.

Découvert Sud.

Le premier découvert, ou découvert Sud, est divisé en deux parties : la première au niveau des couloirs de décharge, la seconde au-dessous.

Plans inclinés automoteurs. — Dans la première partie, le charbon des gradins supérieurs vient directement par des voies au couloir de décharge, ou, par l'intermédiaire de plans inclinés automoteurs ramenant à ce niveau le charbon des gradins supérieurs. Chaque gradin a sa voie de décharge des schistes.

Plans inclinés ascendants avec treuil automoteur. — Dans la seconde partie du découvert, divisée également en gradins inférieurs au niveau des couloirs de décharge, il y a deux plans inclinés ascendants, mus chacun par un treuil à vapeur, et qui élèvent au niveau des couloirs le charbon des gradins inférieurs, ainsi que les schistes qui vont à une décharge spéciale.

Une pompe Worthington, placée 4 *m* au-dessus du fond du plan incliné permet d'épuiser le découvert à raison de 20 *l* par seconde. La vapeur lui est fournie par deux chaudières amovible à foyer intérieur, qui fonctionnent sans interruption pendant les deux mois de pluie, juillet et août. L'importance des pluies est telle, qu'en 1892, en juillet, nous avons pu constater une hauteur *d'eau de 520* mm *tombée en vingt-quatre heures;* c'est ce qui explique les crues formidables du Fleuve Rouge. C'est à peu près ce qui tombe à Paris en une année. Après l'époque des pluies, on utilise, quelques heures par jour seulement, l'une des chaudières.

Attaque des déblais recouvrant la couche. — Les déblais qui recouvrent la couche sont enlevés soit par des chambres d'attaque, véritables galeries dont on dépèce les parois de façon à ne laisser que des piliers, qui, attaqués à la dynamite, produisent l'éboulement de quelques milliers de mètres cubes. Quand le terrain le permet, on use de la méthode des entonnoirs employée dans certaincs travaux de terrassement.

Attaque par excavateur. — Enfin, on a employé également un excavateur anglais qui a pu, avec son godet de 1100 *l*, briser souvent des bans de grès durs de 0,20 à 0,25 *m* d'épaisseur.

L'excavateur vidait son godet dans des wagons de bout ou dans des wagons de côté (girafes), d'une capacité utile de 2,800 m^3, foisonnement déduit. L'excavateur faisait une passe de 14 *m* de largeur sur 8 *m* de hauteur. Il a fallu l'aider, avec des schistes et des bancs de grès de 1 *m* par les explosifs, mais il était encore plus économique que tout autre moyen, car l'excavateur, avec son godet, est *un chargeur modèle, extrêmement économique*, qui charge avec la plus grande facilité des blocs de pierre de 400 à 500 *kg*, à la condition qu'ils puissent entrer dans le godet et surtout en sortir; on évite ainsi de dépecer avec des pétards des blocs trop gros, car avec tout autre système, on ne peut que difficilement charger à la main des blocs de 40 *kg*. Cet excavateur avait à son service douze wagons de 3,500 m^3 de capacité, dont quatre wagons de bout. Le traînage se faisait par des buffles, mais on a préféré recourir à des Annamites pour les pousser, en donnant la pente nécessaire à la voie, 10 *mm* environ.

C'est probablement le seul et unique cas de l'emploi d'un excavateur dans une exploitation houillère. Son maximum de production a atteint, en beau temps et avec des déblais ordinaires, 250 à 280 m^3 avec quarante coolies pour son service (transport, décharge, pose); il a été arrêté à cause de la dureté des schistes et grès houillers.

Découvert Nord.

Plans inclinés automoteurs et plan incliné à chariot porteur. — Le découvert Nord est séparé du découvert Sud par un col où aucun travail n'a été fait, où cependant le gisement est reconnu, et qui s'appellera le découvert du Milieu. Le col est franchi de deux façons : 1° d'une part, par une galerie à double voie, véritable tunnel de 140 *m* de long, qui reçoit tous les charbons du découvert, jusqu'au niveau du col, par des plans intermédiaires automoteurs et par un plan à chariot porteur, et les amène au niveau des couloirs de décharge; d'autre part, par un plan incliné automoteur situé sur le découvert Sud, et qui descend les charbons amenés des gradins situés au niveau du col, et ceux des autres gradins supérieurs à l'aide de plans automoteurs intermédiaires.

Il n'y a besoin, actuellement, d'aucun épuisement, le niveau actuel le plus bas étant supérieur au niveau d'une vallée trans-

versale dans laquelle les eaux s'écoulent naturellement. Le développement des gradins des deux découverts atteint 1 800 à 2 000 *m* de longueur sur 5 *m* de large en moyenne.

Les travaux de découvert exigent une certaine expérience de la part de l'ingénieur; en effet, il faut continuellement se développer en direction, et pousser le découvert en travers jusqu'à la limite économique indiquée par la quantité de déblais à sortir par tonne de houille, en tenant compte également des parties schisteuses de la couche. Un découvert se trouve donc forcément limité en travers, et l'exploitation souterraine s'impose de suite lorsqu'on est arrivé à atteindre par tonne de houille les 3, 4 ou 5 *m* de déblais par tonne qui limitent le prix de revient. Les travaux de fond ont cet avantage d'exiger des remblais qui font que l'on peut alors reculer la limite en travers du découvert; aussi actuellement commence-t-on à pousser vigoureusement les travaux souterrains pour les lier intimement à l'exploitation à ciel ouvert (1).

L'inconvénient des travaux d'un découvert se manifeste à la saison des pluies; aussi est-il arrivé, en 1894, un glissement qui a fait descendre, en deux heures, au découvert Sud, 60 000 m^3 de déblais qui ont momentanément gêné l'exploitation pendant huit mois. L'étude de ce gisement puissant ne laisse aucun doute que la couche Jauréguiberry, de 22 à 24 *m* d'épaisseur, située à 2 *km* d'Hatou, est le relèvement ouest de la grande couche d'Hatou; les différentes reconnaissances exécutées jalonnent bien la direction. Ainsi que nous l'avons dit, c'est environ 50 millions de tonnes dont un sixième est reconnu. Le rendement par coolie (mineur, boiseur, rouleur, chargeur de charbon ou de schiste, etc.) atteint 500 *kg*. Il sera augmenté le jour où l'on s'arrêtera pour le découvert de la couche en travers. On peut l'augmenter, du reste, en diminuant le découvert; *le prix moyen du coolie* varie entre 17 et 20 cents, soit donc un prix par tonne de charbon à la mine de 34 à 40 cents, la piastre mexicaine valant 5,40 *f* quand notre pièce de 5 *f* vaut 5 *f*; leurs prix actuels sont de 2,70 *f* et 2,40 *f*.

Matériel de mine.

La voie est de 0,50 *m* en rails Vignole de 7 *kg*; il y a 18 *km* de voie de 0,05 *m*.

(1) Les derniers renseignements reçus indiquent que ce travail a été fait.

Les wagonets pour l'intérieur sont des berlines type Anzin de 5,25 *hl*, roues de 0,30 *m*, pouvant recevoir 420 *kg* de charbon.

On trouve aussi des berlines à caisse en bois de 440 *dm*³ et pouvant recevoir 350 *kg* de charbon qui disparaîtront.

Il y a 200 berlines.

Le matériel de découvert se compose de verseurs Weitz de Lyon et de verseurs Decauville; il y a 450 verseurs.

Enfin le matériel de l'excavateur, 12 wagons de 3,500 *m*³ de capacité.

Voie ferrée.

CHEMIN DE FER DE NAGOTNA A HONGAY ET D'HATOU A HONGAY.

Hongay, port d'embarquement des charbons des mines de Nagotna et d'Hatou, est en communication avec les sièges d'exploitation par 2 voies ferrées, la première la plus ancienne livrée en octobre 1891, d'Hongay, à Nagotna a 4,200 *m* de longueur; à 1,800 *m* du point de départ s'embranche la ligne d'Hatou de 9,500 *m* de longueur.

La largeur de la voie est de 1 *m*, en rails d'acier de 22 *kg* par mètre courant, sur traverses métalliques d'acier de 26 *kg*, écartées de 0,60 *m* d'axe en axe, et liées au rail, par une clavette d'acier; joint en porte à faux.

Ce système si simple a donné les meilleurs résultats; il n'y a jamais eu d'accident, pas même un déraillement. Elle était considérée au Tonkin, comme la voie modèle, la voie du chemin de fer de Phu-Lang-Thuong à Langson n'ayant que 0,60 *m*, et les machines hors de service. Études, terrassements, ballastage, ouvrages d'art en terrain vaseux, terrassements dans des terrains de glissement, tout cela a été exécuté par un de nos collègues, M. Brossard. On ne pouvait pas demander d'aller plus vite. L'état sanitaire a été excellent pendant les travaux; il y eut parmi les coolies quelques cas isolés de fièvre paludéenne; du reste aucun agent de la Compagnie n'est mort au Tonkin sauf le docteur de la Société qui abusait trop des remèdes préventifs.

Les rayons de courbe descendent accidentellement à 150 *m* et sont la majeure partie du temps de 200, 250 et 400 *m*.

Le matériel se compose par wagon de 2 caisses de 4 *t* que les grues de déchargement enlèvent avec facilité; le nombre de wagons est de 120 pouvant charger par suite 960 *t*. Le nombre de locomotives est de 4, dont 2 de 24 *t*, 1 de 20 et 1 de 15, pour les manœuvres; les locomotives de 24 *t* peuvent remorquer sur une rampe

de 800 *m* de 0,017 *m* 14 wagons plus celui du personnel ; la charge normale est de 12. Il a été fait quotidiennement pendant près d'une année 5 voyages de 12 wagons soit 480 *t* pour Hatou et 16 wagons pour Nagotna, soit 128 *t*, sauf pendant la saison des pluies.

Il y a donc un matériel de mine et un matériel de transport largement suffisant pour une exploitation annuelle de 200 000 *t*.

Atelier de criblage.

Les wagons venant d'Hatou sont amenés à l'atelier de criblage d'Hongay qui se compose de 4 cribles à secousses à trous ronds de 0,032*m* donnant deux classes de zéro à 15, et de 15 à 32 ou de zéro à 32.

Une machine de 30 *ch* conduit l'atelier.

Avec l'usine à briquettes nouvelle que l'on installe, il y aura avantage à n'utiliser pour cette usine que la classe de zéro à 15 afin de vendre à plus haut prix la classe de 15 à 32 que l'on vend actuellement de zéro à 32.

Dépôt de menu, dépôt de criblé.

Les deux emplacements sont séparés ; l'un est sur une halde, très vaste ; l'autre est déchargé à l'aide d'une grue sur un plancher à trappes, au-dessous duquel se trouvent les wagons de la voie ferrée le conduisant à l'appontement de chargement.

Dépôt de locomotives.

Un hangar en fer et en bois permet de mettre à l'abri et d'y réparer les locomotives ; une prise d'eau y est annexée ; c'est le point de départ des trains pour les mines ; l'alimentation d'eau potable est assurée par trois puits.

Ateliers de construction et de réparations.

Il existe un atelier de forge et ajustage, un de chaudronnerie et un de charpente, le tout avec comble en fer bien aéré et muni de tours à percer, de tours parallèles, de machines à raboter, de scies à ruban et circulaires, en nombre largement suffisant, de façon à y réparer et tourner toutes les pièces des machines utilisées ; il y a de plus un pilon.

Magasins, bureau, laboratoire, maison d'habitation.

Des magasins bien approvisionnés, un bureau complet comprenant les bureaux du directeur, des ingénieurs, le bureau des études et celui de la comptabilité sont installés près de la voie ferrée desservant l'appontement. A côté se trouve le laboratoire d'essais. Enfin les maisons d'habitation, les unes en maçonnerie, les autres en torchis et toiture en paillotte ou en zinc, la maison du directeur sont disséminées sur les 1 500 *m* de plage de façon à rendre chacun indépendant. Le service médical est assuré ; en cas de maladie grave, l'hôpital militaire de Quang-Yen, à trois heures d'Hongay par mer et à une heure d'Haïphong, reçoit les malades.

Village sino-annamite.

On remarque la vaste habitation d'un négociant annamite où l'on trouve de tout, vêtements, coiffures, chaussures, vins, bière, conserves, etc. Un village où il y a à la fois des négociants chinois et annamites et maison de jeu est le centre du marché journalier où se vendent le riz, le poisson, les fruits, les poules, canards, les légumes, le maïs, la canne à sucre, le sucre filé, le nougat au caramel, le bétel, les vers à soie frits, les crabes rôtis, les poissons séchés, et enfin le *nuoc-man*, sauce appétissante que l'on obtient en laissant pourrir des poissons dans l'eau.

Appontement de chargement, usine hydraulique.

L'appontement de chargement est le mieux organisé de tout l'extrême-Orient ; à Hong-Kong, même, il n'en existe pas un outillé ainsi.

La plate-forme de l'appontement où wharf a 80 *m* de longueur sur 16 de large, avec une plate-forme perpendiculaire de 20 *m* de long sur 11 de large le reliant au quai. Cet appontement fait en bois de Manille sur pilotis se compose de 234 pieux à section carrée ayant de 0,45 *m* à 0,50 *m* de côté sur 15 à 16 *m* de longueur enfoncés au mouton.

A l'appontement, aux marées les plus basses d'équinoxe, on trouve encore 6,30 *m* de tirant d'eau et à marée haute jusqu'à 9,80 *m*. Le chargement des bateaux se fait avec deux grues hydrauliques système Walker de 7 *t* chacune, à voie de 4 *m*, rails de 52 *kg* qui enlèvent les caisses de 4 *t* du wagon et les déversent dans la cale du navire en chargement ; deux cabestans hydrauli-

ques servent à la manœuvre des wagons pleins et vides les premiers avant d'être enlevés par les grues hydrauliques passent sur une bascule pour le pesage.

La force hydraulique est fournie par un accumulateur de 60 *t*; la machine est de 40 *ch* et la vapeur lui est fournie par deux chaudières à foyer intérieur.

On peut charger en dix heures de travail 1 200 *t* et en cas d'urgence en douze heures 1 500 *t*.

Il est venu à Hongay et il vient des navires de 4 000 à 4 500 *t* qui furent chargés dans ce délai.

Traversée de la baie d'Along.

Les navires qui viennent de Hong-Kong charger du charbon traversent la baie d'Along, aux 20 000 îlots; les cartes dressées par la Marine sont exactes et les passes sont assez larges et assez bien reconnues pour que les navires qui sont venus deux fois à Hongay se passent de pilote.

Hongay, port de guerre du Tonkin. — A marée basse, tous les navires sur lest peuvent accoster à l'appontement et chargés passer sans danger à marée haute par les passes; la passe d'arrivée sur 1 *km* environ exige un dragage pour y faire passer les navires chargés, à marée basse; ce travail ne peut être fait que par le Protectorat et le jour où l'on voudra créer un port de guerre au Tonkin, sûr et à l'abri des typhons, la baie du Port-Courbet, étudiée par l'amiral Courbet remplira ce desideratum. La flotte aura donc sur le même lieu son approvisionnement en charbon.

Usines à briquettes.

Le principal centre de vente des charbons étant Hong-Kong, on y installa une usine à briquettes, à Kowloon.

Usine de Kowloon à Hong-Kong. — Cette usine est située dans la meilleure partie du port de Hong-Kong; le quai en granit de déchargement des menus et d'embarquement des briquettes a 260 *m* de long; il n'y en a qu'un autre dans les mêmes conditions, à Hong-Kong; avec un appontement d'une quarantaine de mètres, les navires de 6,50 *m* de tirant d'eau pourront y accoster à marée basse. L'emplacement dont la superficie est entre 21 000 à 22 000 m^2 est à l'abri des typhons; il est éclairé au gaz et l'usine à briquettes

est non seulement alimentée d'eau par des puits dans le granit où l'eau vient par les délits, mais par une canalisation générale.

L'usine à briquettes comprend deux presses Middleton à double compression et des appareils intermédiaires, broyeur Carr pour broyer le brai et le mélanger intimement au charbon, chaînes élévatoires, malaxeur, appareil de distribution composé d'un plateau vertical à alvéoles, et traîne de transport des briquettes fabriquées.

Le malaxage se fait à la vapeur sèche sortant des chaudières à double foyer intérieur de 8 *m* de longueur qui passe dans des tubes chauffés par un foyer spécial. Le cylindre moteur a 0,325 *m* de diamètre sur 0,850 *m* de course; le volant fait soixante-cinq tours par minute.

Les briquettes ont 0,230×0,154×0,130 *m* et pèsent de 5,600 *kg* à 5,800 *kg;* on peut fabriquer, en changeant les alvéoles, des briquettes de 3 *kg*.

Marche de l'usine neuf heures; puissance de production 80 *t;* il a été indispensable, pour obtenir la force de cohésion nécessaire et la bonne tenue du charbon sur la grille, de mélanger le menu anthraciteux d'Hongay à du charbon gras du Japon; le mélange adopté est de 10 0/0, mais il n'y aurait qu'avantage à aller jusqu'à 15 0/0 de charbon gras. Le mélange actuel est :

Brai sec	9,00 0/0
Goudron.	1,50
Menu anthraciteux . . .	79,50
Menu gras du Japon. . .	10,00
	100,00 0/0

L'analyse a donné les résultats suivants :

Carbone	74,61 0/0
Matières volatiles . .	17,23
Cendres	6,02
Eau.	2,14
	100,00 0/0

Ce sont ces briquettes qui ont donné entière satisfaction au directeur de l'arsenal d'Haïphong, tant au point de vue de la cohésion, 69 0/0, qu'au point de vue de la vaporisation, 8,500 *kg* d'eau par kilogramme de briquettes.

La France a donc dans le charbon d'Hongay à l'état de briquettes un charbon excellent pour la marine de guerre et à fumée presque incolore. Le fait est démontré par les réceptions de l'arsenal d'Haïphong et industriellement.

Usine à briquettes d'Hongay. — On exécute actuellement, à Hongay même, aux abords des cribles, le montage d'une usine à briquettes système Couffinhal à double compression. La briquette sera plus comprimée qu'avec la presse Middleton, et il y aura plus de soin avec le personnel français qu'avec le personnel anglais. Il n'y a aucun doute que l'on pourra trouver le dosage de menu gras et de menu anthraciteux le plus convenable pour arriver à diminuer les escarbilles, et peut-être d'une unité la proportion de brai. Les briquettes, déjà excellentes, deviendront supérieures, et la marine de guerre française n'aura plus aucun prétexte de les refuser.

Le menu gras pourra plus tard être fourni par les mines de Yen-Bay, au-dessus d'Hanoï, sur le fleuve Rouge, ou une tentative d'exploitation a été essayée par MM. Marty et d'Abaddie, d'Haïphong. Le charbon a donné à l'analyse les résultats suivants :

Carbone fixe	65,0	à	70,0	0/0
Eau et matières volatiles. . . .	30,5	à	25,5	
Cendres	3,5	à	3,5	
Soufre	1,0	à	1,0	
	100,0		100,0	0/0

On pourra également essayer, mais *toujours avec l'appoint de menu gras*, l'*asphalte* de Californie semblable à du brai et avec lequel, en Californie, on fait des charbons agglomérés aussi durs que la pierre; de même, toujours avec l'appoint de menu gras, on pourra peut-être utiliser les résidus des exploitations pétrolifères de Sumatra qui jouissent de la propriété d'agglomération; en tout cas, que l'on utilise le brai ou une matière analogue, *l'adjonction de menu de charbon gras* est *indispensable*, et les résultats actuels sont de nature à satisfaire le plus difficile tant au point de vue de la cohésion qu'au point de vue de la vaporisation.

Considérations diverses.

Personnel européen. — Le personnel supérieur provenait de l'École supérieure des Mines, de l'École Centrale, de l'École des Mines de Saint-Étienne et de l'École d'Angers.

Les géomètres de l'École d'Alais et de Douai.

L'un des Ingénieurs étant ancien Conducteur des Ponts et Chaussées.

Le personnel de mineurs est venu de toutes les parties de la France, Nord, Centre et Midi, mais principalement de Graissessac, qui a fourni les deux chefs mineurs et la majeure partie des mineurs; presque tout ce personnel était marié et avait laissé sa famille en France; actuellement, le même personnel a sa famille à Hongay, la Société aidant pécuniairement pour y amener la famille, ce qui a eu pour résultat de créer la stabilité dans le personnel. C'est de la véritable colonisation, car, de cette façon, une grande partie restera au Tonkin sans idée de retour en France, trouvant au Tonkin la vie plus aisée et plus large.

Personnel indigène. — Le personnel indigène, composé d'abord en grande partie de Chinois, se compose actuellement d'Annamites; l'élément chinois est d'environ 7 0/0 pour les travaux de force et d'ajustage.

L'expérience a prouvé, avec les travaux souterrains de Nagotna et d'Hatou et le fonçage du puits de Nagotna, que l'Annamite pouvait être employé à toute espèce de travaux; il est bon mineur en peu de temps et boiseur intelligent; mais il a besoin de la surveillance européenne, l'Annamite ne faisant plus rien si l'Européen qui le surveille, s'absente; on peut, au contraire, laisser des Chinois sans surveillance européenne; l'Annamite travaille constamment, le Chinois quand il veut et est plus difficile à conduire que l'Annamite. Quant à la question de confiance pour le matériel ou pour tout ce qui regarde à un contrôle, il ne faut se fier qu'à l'Européen. L'Annamite est joueur, fumeur d'opium, et à la fête annuelle du grand Thet, il lui faut absolument de l'argent, qu'il se procure par le vol; aussi les journaux locaux avisent-ils, à cette époque spécialement, l'Européen de se tenir sur ses gardes; malgré cela, on trouve une grande quantité d'Annamites honnêtes, à la condition de les surveiller. La race annamite, avec une gratification en riz, travaille activement; la force de

l'Annamite est surtout dans les jambes et non dans les bras: il résiste moins que l'Européen à l'influence de son climat.

Flotte. — La Société française des Charbonnages du Tonkin possède à Hongay un flotte composée de quatre chaloupes à vapeur de force différente pour son service personnel et le remorquage de ses chalands de charbon au port d'Haïphong, ou dans la baie d'Along pour les navires qui s'y mettent à l'abri des typhons et lui demandent du charbon.

La Société va devenir en même temps Société agricole. — La Société d'Hongay va, dès 1897, utiliser une partie des 15 000 *ha* de la superficie qu'elle possède, à des plantations de riz, le riz étant, ainsi qu'on le sait, la base sérieuse de l'alimentation des Annamites. Comme la sécurité est complète de ce côté, elle va former des villages agricoles qui alimenteront en même temps la mine d'ouvriers et fixeront, comme dans le Delta, une population qui avait habité le pays et qui l'avait abandonné par manque de sécurité. Ce sont donc d'anciennes rizières à rétablir et à améliorer à l'aide de barrages qui leur fourniront l'eau; le riz doit avoir la tête au soleil ardent et les pieds dans l'eau. Un autre avantage est qu'on évitera ainsi cette calamité, la famine, qui a régné en 1896 au Tonkin.

Voilà encore de la véritable colonisation intelligente; une partie de la superficie est à l'état de forêts qui fournissent les bois pour les usines; une partie peut servir comme rizières; enfin, hormis des parties où aucune culture n'est possible, d'autres parties pourront être appropriées à des cultures spéciales, telles que le café, etc.

Partie commerciale.

Le réseau d'action des charbonnages du Tonkin est assez étendu.

Dans l'intérieur du Tonkin, actuellement, il n'y a que quelques usines qui brûlent du charbon; le chemin de fer de Phu-Lang-Thuong à Langson est l'un des consommateurs, ainsi que les canonnières du protectorat; mais le service des Fluviales du Tonkin ne brûle que du bois et en brûlera encore pendant longtemps, à cause de son bas prix. Il faut donc chercher ailleurs les débouchés. Ces débouchés sont Singapore, Bangkok, Saïgon, le service des Messageries maritimes de Saïgon à Haïphong, le service des

bateaux de Haïphong à Hong-Kong, le grand entrepôt commercial anglais Hong-Kong, puis la Chine, Canton, Amoy, Shanghaï.

Les deux concurrences sérieuses sont : le charbon japonais et le charbon australien; tous les deux arrivent à Hong-Kong et à Singapore.

Quant aux autres endroits qui peuvent exporter du charbon, ou qui possèdent du charbon, on peut citer l'île de Sumatra, qui ne fait aucune exportation ; l'île de Lubuan, à Bornéo, qui est plutôt un dépôt pour la marine anglaise; une île dans les Philippines, au nord de l'île de Mindanao, enfin l'île de Formose.

On peut dire qu'il n'y a que deux seules concurrences, le charbon australien et le charbon japonais, et que les grands marchés sont Singapore et Hong-Kong.

En ce qui concerne les mines de Tourane, en Annam, qui sont à 70 *km* de la mer, elles seront inexploitables par suite de cette distance pendant de longues années.

La Société a un dépôt à Haïphong, un à Tourane, un à Saïgon ; elle étudie la question d'un dépôt à Singapore ainsi qu'à Bangkok (Siam) ; elle a installation et dépôt à Hong-Kong et est représentée par la maison Jardine, Matheson et Cie qui a de nombreux comptoirs en Extrême-Orient; elle a un marché avec les Messageries Maritimes de 3 000 *t* environ et la grande Compagnie Péninsulaire et Orientale fait un essai de ses briquettes.

De plus, la Société a abordé de nouveaux marchés; à Amoy, Swatow et Ching-Kiang, ports chinois, elle a livré, dans les cinq derniers mois de 1895, environ 1 800 *t*.

Les ventes ont été les suivantes depuis que les usines sont reliées à Hongay par chemin de fer :

En 1892. . .	18 772 *t*	En 1894. . .	95 337 *t*
1893. . .	40 416	1895. . .	85 803

L'année 1895, étant une année de transformation de la Société, a été plus faible que la précédente, mais l'année 1896 lui sera supérieure et l'on compte, pour 1897, sur 130 000 *t*.

La production de la mine d'Hatou peut atteindre, dans l'état actuel, 130 000 *t*.

La production de la mine Nagotna pourra également atteindre 30 000 *t*.

Soit un total de 160 000 *t* que la Société peut assurer actuellement et qu'elle pourra élever chaque année, pour Hatou, de

25 000 *t*, soit en quatre ans, arriver à Hatou à une extraction de 23 000 *t*.

En cinq ans, les coolies annamites se trouvant facilement au Tonkin, l'extraction totale, avec les travaux préparatoires en cours d'exécution, atteindra 300 000 *t*.

Nous venons de voir que l'extraction pouvant facilement s'élever suivant les demandes, la question des débouchés ne peut laisser aucun doute.

D'après les statistiques les plus récentes, la consommation du charbon en Extrême-Orient, depuis Shanghaï, jusqu'à Singapore, dépasse actuellement 2 500 000 *t*. Dans ce chiffre, Hong-Kong entre pour plus de 800 000 *t*, et le fret, qui tend à diminuer tous les jours, permet aux charbons du Tonkin d'arriver à des prix très rémunérateurs, à Shanghaï, la côte chinoise, Manille, la Cochinchine, Singapore et les Détroits.

Étant donnés, d'une part, les prix élevés du Cardiff, $ 19 à Saïgon, $ 13 et 16 à Hong-Kong, et, d'autre part, les inconvénients du charbon japonais, la production des mines d'Hongay en gros et criblé, c'est-à-dire du charbon supérieur à 30 *mm*, trouvera facilement des débouchés et déjà (l'année 1896 le prouve) on ne peut suffire aux demandes. Malheureusement, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, les charbons sont friables et on ne peut espérer obtenir un rendement de plus de 25 0/0 de charbon criblé, 30 0/0 quand les couches dites de l'excavateur seront en exploitation.

Il reste donc une assez grande proportion de menus dont l'écoulement n'est pas moins certain. Les fabriques de chaux et de poteries en Chine, les fonderies d'étain de Singapore, les maisons chinoises de Canton, Swatow, Amoy, Ching-Kiang, Wuhu, etc., obtiennent ainsi un combustible dont elles consomment de grandes quantités, et dont les livraisons augmentent tous les jours.

Enfin, nous citerons, au sujet du menu, la « Sugar Raffinery » de Hong-Kong qui a disposé pour ses foyers des grilles spéciales et brûle annuellement de 20 000 à 25 000 *t* de menu d'Hongay, dont elle se déclare absolument satisfaite.

Transformés en briquettes, les menus ont un marché pour ainsi dire illimité avec les marines de guerre, les Compagnies de navigation si nombreuses en Extrême-Orient et les différentes industries locales. L'avenir se présente donc d'une façon rassurante.

Prix de revient.

Avec une production de 150 000 *t*, le prix de revient peut s'établir comme suit :

Sur wagon à la mine, frais de direction compris. .	$	0,88
Traction de la mine à Hongay.		0,12
Criblage		0,10
Chargement.		0,10
Total.	$	1,20

Le prix de revient sur bateau à Hongay sera donc de.	$	1,20
En admettant pour frais généraux		0,30
Le prix de revient total serait de	$	1,50

Alors que le prix de vente franco à bord Hongay est de $ 2,30, actuellement, pour les menus et $ 5 pour le criblé.

Lorsque la production s'élèvera successivement à 200 000 et 300 000 *t*, le prix de revient s'abaissera progressivement et tout porte à croire qu'il sera alors facile, également, d'élever le prix de vente, lorsque les charbons seront mieux connus sur les différents marchés.

En résumé, une partie des produits est vendue à l'état naturel et l'autre partie, transformée à l'état de briquettes, donne un combustible supérieur ainsi que les essais de 1894, à Haïphong, l'ont démontré comme cohésion et production de vapeur. Il serait à désirer que notre flotte prît du charbon d'Hongay au lieu de japonais et d'australien fumeux, à vaporisation moindre.

J'ai cru utile de communiquer à la Société des Ingénieurs Civils les travaux exécutés par la Société d'Hongay et qu'aucune de nos Sociétés de mines françaises n'a eu à faire; j'ai cru utile également de démontrer que l'on peut vivre au Tonkin, les travaux d'Hongay exposant, à coup sûr, l'Européen aux fièvres paludéennes, bien plus que l'habitant d'Haïphong ou d'Hanoï; mais que, malgré cela, l'état sanitaire a été excellent en tout temps.

Je termine en donnant les distances d'Hongay aux divers ports où ce charbon peut aller :

Haïphong . .	25 milles	Manille . . .	980 milles
Saïgon . . .	610 —	Hong-Kong .	420 —
Singapore . .	1 350 —	Swatow. . .	610 —
Bangkok . .	1 360 —	Amoy. . . .	730 —
Rangoon . .	2 710 —	Fouchow . .	880 —
Calcutta. . .	3 050 —	Shanghaï . .	1 290 —
Columbo . .	2 870 —		

CHRONIQUE

N° 205

SOMMAIRE. — Le matériel de chemins de fer à l'Exposition de Nuremberg, en 1896. — Les premiers ponts métalliques. — Un chemin de fer amphibie. — Le pétrole à Bakou. — Usine à gaz de chauffage. — L'industrie sidérurgique en Italie.

Le matériel de chemins de fer à l'Exposition de Nuremberg en 1896. — Des diverses expositions qui ont eu lieu en 1896, l'Exposition bavaroise, à Nuremberg, est peut-être celle qui était la plus remarquable sous le rapport du matériel de chemins de fer, et les personnes qui s'intéressent à cette question auraient pu y voir des types curieux et nouveaux, surtout en fait de locomotives.

Notre Collègue, M. Ad. Brunner, Ingénieur de la maison J. A. Maffei, à Munich, a donné dans le *Journal de l'Union des chemins de fer allemands*, un intéressant article sur ce sujet, article auquel nous empruntons les renseignements ci-dessous (1).

L'Exposition de Nuremberg ne contenait pas moins de huit locomotives dont plusieurs constituaient des types nouveaux sortant des dispositions classiques et paraissant pour la première fois dans une exposition. Nous allons les passer rapidement en revue :

1° La première machine est une locomotive compound express des chemins de fer de l'État bavarois, série B XI, construite par J. A. Maffei, à Munich, et portant le numéro de construction 1777 de cette maison.

Ce type a été construit sur une large échelle, car quarante-neuf machines sont en service et seize en construction.

Il y a deux cylindres, le petit de 0,455 *m* de diamètre placé à droite et le grand de 0,610 *m* placé à gauche, avec course de 0,610 *m* qui actionnent deux essieux accouplés à roues de 1,86 *m* de diamètre dont celui d'arrière placé sous la partie postérieure du foyer à grille inclinée. A l'avant est un bogie à roues de 0,995 *m* dont l'axe est notablement en arrière de la cheminée, comme dans beaucoup de machines allemandes et autrichiennes. Le démarrage s'effectue dans toutes les positions des manivelles et sans manœuvre spéciale du machiniste par une disposition, non automatique et à échappement direct du petit cylindre à l'extérieur, comportant un tiroir qui change la direction de cet échappement relié à un obturateur qui ouvre l'accès de la vapeur vive au receiver; ces mouvements sont déterminés par le machiniste lorsqu'il pousse son changement de marche à fond dans un sens ou dans l'autre, comme dans le dispositif connu sous le nom de Lindner.

(1) Depuis la publication de cet article et pendant l'impression de notre note, il a paru dans les journaux allemands, autrichiens et hongrois, sur le même sujet, des travaux plus détaillés et accompagnés de figures, travaux auxquels nous avons emprunté quelques chiffres et renseignements supplémentaires que le cadre très restreint de la note de M. Brunner n'avait pas permis à notre collègue de donner.

Les deux cylindres ont des tiroirs Trick équilibrés au moyen d'un arrangement d'origine américaine consistant en un compensateur formé d'anneaux à section triangulaire. La chaudière, timbrée à 13 *atm*, a 2,20 m^2 de surface de grille et 132 m^2 de surface de chauffe en contact avec l'eau. La machine pèse 52 800 *kg* en service dont 28 300 *kg* sur les essieux accouplés. Elle est accompagnée d'un tender à deux bogies contenant 18 m^3 d'eau et 7 000 *kg* de combustible, quantités qui permettent d'effectuer de longs parcours sans arrêt. Ce type de machines est employé à la traction de trains de voyageurs assez lourds à une vitesse qui peut atteindre 90 *km* à l'heure.

2° La seconde machine sort également des ateliers de Maffei. C'est une machine compound à quatre cylindres plus puissante que la précédente; elle est destinée à la traction de trains de voyageurs de 250 à 300 *t* sur des profils comportant des inclinaisons de 10 à 12 0/00, avec des vitesses pouvant atteindre 80 *km* à l'heure. La disposition adoptée permet d'exercer un grand effort de traction dans des conditions d'admission favorables, avec une chaudière de dimensions modérées et une dépense de combustible réduite. C'est, du reste, celle qui est déjà employée au Gothard, sur les chemins de fer de l'État de Bade, et, en France, au chemin de fer du Midi.

Il y a deux mécanismes distincts, l'un d'eux composé de deux cylindres intérieurs à haute pression de 0,380 *m* de diamètre actionne un essieu coudé qui est le premier de trois essieux accouplés portant des roues de 1,64 *m* de diamètre; le second mécanisme formé de deux cylindres extérieurs de 0,610 *m* de diamètre actionne le second des essieux; la course est pour les quatre cylindres de 0,660 *m*. A l'avant est un bogie à deux essieux portant des roues de 0,850 *m*. Les tiroirs toujours du système Trick sont équilibrés avec la même disposition que dans la machine précédente et actionnés par des mouvements Walschaerts. La chaudière a une surface de grille de 2,50 m^2 et une surface de chauffe en contact avec l'eau de 140 m^2. La machine pèse 58 500 *kg* en service dont 42 000 sur les trois essieux accouplés. Le tender, porté sur bogies, est semblable à celui de la machine express. Ce modèle de machines paraît devoir se répandre beaucoup pour la traction des trains de voyageurs lourds sur des profils accidentés, service pour lesquels on employait jusqu'ici surtout des machines du type *Mogul*.

La machine exposée présente la particularité d'avoir les cylindres horizontaux, alors que les machines d'un type analogue employées sur les lignes que nous avons citées plus haut les ont légèrement inclinés. Elle est, comme on voit, notablement plus légère que la machine du Gothard dont nous avons parlé dans la Chronique de décembre dernier, page 763, laquelle pèse 65 *t* en service dont 45 de poids adhérent.

3° La troisième locomotive est une machine compound articulée, système Mallet, construite par la maison Maffei pour les chemins de fer de l'État bavarois à la série BB I desquels elle appartient. Nous rappellerons que la particularité essentielle de ce système est que les grands cylindres de l'appareil compound sont portés sur un avant-train articulé et reçoivent par un tuyau flexible la vapeur détendue des cylindres à haute pression portés sur un châssis fixe dont est solidaire la chaudière.

Dans la machine exposée, les tuyaux flexibles, tant pour la communication entre les deux groupes de cylindres que pour l'échappement à la cheminée de la vapeur sortant des grands cylindres, sont constitués par des soufflets métalliques qui ne donnent ni frottement ni chances de fuites. Les cylindres ont respectivement 0,415 et 0,635 *m* de diamètre, avec 0,630 *m* de course, les huit roues 1,330 *m* avec un écartement de 1,73 *m* entre les essieux de chaque groupe et de 5,905 *m* entre les essieux extrêmes. La chaudière, timbrée à 14 *atm*, a 2,10 *m* de surface de grille et 136 m^2 de surface de chauffe en contact avec l'eau. La machine pèse 50 600 *kg* à vide et 56 200 en ordre de marche. Le tender n'est pas exposé; ces machines ont des tenders à trois ou quatre essieux suivant les cas, avec une capacité d'eau de 14 000 ou 18 000 *l*. Avec les grands tenders, la longueur totale de la machine et du tender atteint 17,90 *m* hors tampons et l'écartement d'essieux 13,90 *m*.

La maison Maffei a construit des machines du même système pour les chemins de fer suisses, pour ceux du Palatinat, de l'Anatolie, etc.

4° La quatrième machine est une locomotive compound tandem pour marchandises, série EI, des chemins de fer de l'État bavarois, étudiée et construite par la fabrique de locomotives Krauss et Cie, à Munich. Cette locomotive a quatre essieux accouplés et un essieu porteur à l'avant des cylindres comme dans les machines américaines du type *Consolidation*. Mais sa particularité essentielle est dans la disposition des cylindres que nous allons essayer de faire comprendre autant qu'on peut le faire sans le secours de figure.

Il y a, de chaque côté, un grand et un petit cylindre, celui-ci placé en arrière de l'autre et venu de fonte avec le plateau postérieur arrière du premier. Le petit cylindre pénètre à moitié dans le grand et son piston se prolonge du côté de celui-ci par un fourreau de même diamètre qui se raccorde avec le grand piston. La surface effective de celui-ci est donc annulaire et égale à la différence entre les sections des deux cylindres. Mais, pour que la surface effective d'avant du grand piston soit la même ou à très peu près, le plateau d'avant du grand cylindre porte un fourreau qui pénètre dans le fourreau qui réunit les deux pistons : le fourreau fixe porte une garniture formée par deux cercles frottant contre l'intérieur du fourreau mobile. Cette disposition assez compliquée a pour but de réduire la longueur de l'ensemble des deux cylindres et d'éviter les difficultés que présente dans les machines tandem le passage de la tige commune aux deux pistons. On gagne bien quelque chose au premier point de vue, mais assez peu, car la longueur totale extérieure des deux cylindres, 1,50 *m* environ, est encore de 2,6 fois la course de piston, alors que dans la locomotive express des chemins de fer Sud-Ouest russes, établie sur les plans de notre Collègue M. de Borodine (voir *Bulletin* d'octobre 1892), cette longueur est de 2,9 fois la course. Au second point de vue, l'avantage est très douteux, car on remplace le frottement de deux presse-étoupes par celui d'un cercle de piston supplémentaire.

L'arrangement dont nous nous occupons occupe autant de place en diamètre que la disposition à cylindres concentriques de Johnstone, et elle prend plus de longueur, elle partage, d'ailleurs, avec elle, l'inconvénient d'augmenter, par l'accroissement de diamètre du grand cylindre

et par la présence des parois intérieures séparant les deux capacités, les surfaces intérieures en contact avec la vapeur dans une proportion qui est d'au moins 75 0/0.

Sur le grand cylindre se trouve un énorme tiroir équilibré dont la table porte quatre lumières plus celle d'échappement au milieu, lequel distribue la vapeur dans les deux cylindres; ce tiroir est mû par un mécanisme Walschaerts. Il était indispensable d'équilibrer ce tiroir dont les dimensions sont considérables, 0,54 *m* $\times$ 0,49 *m*, soit 26,5 dm^2 de surface.

Le grand cylindre a 0,710 *m* et le petit 0,400 *m* de diamètre, le fourreau mobile 0,370 *m* et le fourreau fixe 0,340 *m*; la course est de 0,56 *m* seulement; on a dû la réduire à ce taux pour ne pas trop donner de longueur à l'ensemble des deux cylindres. Les roues accouplées ont 1,160 *m* et les roues de support 1 *m* de diamètre. L'écartement des essieux accouplés est de 4,30 *m* et l'écartement total de 7 *m*. L'essieu porteur d'avant a un déplacement radial et est relié au premier essieu accouplé par une sorte de balancier horizontal articulé en son milieu et qui donne à cet essieu un déplacement transversal; c'est une disposition de Bissel spéciale à la maison Krauss.

La chaudière, timbrée à 13 1/2 *atm*, a 2,42 m^2 de surface de grille et 160 m^2 de surface de chauffe en contact avec l'eau. La machine pèse 65 600 *kg* en ordre de marche dont 55 600 de poids adhérent et 10 000 sur l'essieu porteur d'avant. Le tender est du type à bogie portant 18 000 *l* d'eau et 7 000 *kg* de combustible; il n'est pas exposé.

5° La cinquième machine a été également étudiée et construite par la maison Krauss; elle appartient aux chemins de fer de l'État bavarois, série AA I; c'est certainement la locomotive la plus curieuse de l'Exposition, car elle sort entièrement des dispositions classiques et constitue une tentative des plus hardies. C'est une locomotive pour trains express avec essieu supplémentaire et mécanisme auxiliaire.

La disposition générale est celle d'une locomotive à roues libres avec un essieu porteur à l'arrière et un bogie à l'avant; ce bogie a une disposition particulière avec double articulation. Une paire de cylindres extérieurs inclinés, l'un de 0,385 *m*, l'autre de 0,610 *m* de diamètre et 0,610 *m* de course, actionne l'essieu libre dont les roues ont 1,86 *m* de diamètre. La chaudière est la même que celle de la machine à voyageurs de l'Etat bavarois série B XI décrite au commencement de cette note.

La machine ainsi disposée peut traîner à grande vitesse les trains de voyageurs sur des profils faciles. Lorsqu'on rencontre des rampes de 10 0/00 ou si le démarrage est difficile on a recours au mécanisme auxiliaire. A cet effet, la locomotive porte, entre le bogie et l'essieu à grandes roues, un essieu avec roues de 1 *m* de diamètre actionné par deux cylindres horizontaux de 0,266 *m* de diamètre et 0,460 *m* de course placés au-dessous des cylindres principaux et ayant les tiroirs à l'extérieur. Cette paire de roues ne touche pas les rails lorsqu'on ne s'en sert pas. Si on a besoin d'y recourir on la fait presser sur la voie par l'action d'un cylindre à vapeur vertical. Le poids adhérent peut être ainsi porté à 28 *t*, c'est-à-dire au même taux, ou à très peu près, que dans la pre-

mière machine à deux essieux accouplés dont nous avons parlé, mais avec cet avantage que lorsque l'effort de traction ne correspond qu'à l'adhérence produite par un seul essieu la machine travaille probablement dans des conditions plus économiques et n'a pas à vaincre la résistance due à l'accouplement. Cette machine est en service sur les lignes de l'État bavarois. Construite en 1895, elle est la trois mille deux centième sortie des ateliers de Krauss créés en 1866; c'est une moyenne de plus de 100 locomotives par an depuis près de trente ans.

On peut rappeler ici que la disposition dont il vient d'être question est en réalité une adaptation à l'adhérence de l'arrangement réalisé, en 1847, par Baldwin, sur les machines mixtes à adhérence et crémaillère du chemin de fer de Madison et Indianopolis. La roue dentée correspondant à la crémaillère était de même actionnée par une paire de cylindres et relevée par un cylindre à vapeur lorsqu'on ne l'utilisait pas.

(A suivre.)

Les premiers ponts métalliques. — Le *Stahl und Eisen* donne un article de M. Mehrtens, intitulé « Die ältesten eisernen Brücken der Welt » dont nous extrayons ce qui suit :

L'idée d'employer le métal pour la construction des ponts paraît être d'origine italienne et remonter au XVIe siècle. Au commencement du siècle dernier, Desaguliers proposa de faire un pont en fer sur la Tamise et Garrin, en 1719, fit le projet d'un pont métallique à établir sur le le Rhône, à Lyon, mais le coût de la construction effraya quelque peu, et le pont fut fait en bois. De 1775 à 1779, les Ingénieurs français Goiffon, Calippe et de Montpetit firent des études pour la construction d'un pont métallique d'une seule arche sur le Rhône, à Lyon. Le dernier a publié son projet dans le *Journal de Littérature et des Beaux-Arts*, 1779, nos 28 et 32. Nous parlons ici de ponts fixes, car des ponts suspendus avec des chaines avaient été proposés depuis longtemps et peut-être même exécutés en Chine.

C'est en Angleterre que fut réalisée la première application; le pont de Coalbrookdale sur la Severn fut en effet construit, de 1776 à 1779, avec une seule arche en fonte de 30,50 *m* (100 pieds) d'ouverture. Les arcs sont en plein cintre avec trois cercles pour chaque dont le plus petit est seul complet, les deux autres s'arrêtant au tablier; ces arcs sont réunis par des entretoises suivant le rayon. Ce pont existe toujours; il a été examiné avec le plus grand soin en 1862 et on n'y a trouvé aucune altération; M. Mehrtens ayant écrit aux autorités desquelles dépend ce pont, celles-ci ont déclaré « qu'il est dans le meilleur état et supporte journellement un trafic considérable ».

Le premier pont métallique établi sur le continent est celui de Laasan, sur la route de Saaran-Laasan-Kappendorf-Bertholsdorf, en Silésie; il n'a que 12 *m* d'ouverture d'une seule arche avec un arc surbaissé, composé de plusieurs arcs en fonte de rayons différents se touchant à la clef et réunis par des entretoises radiales; entre le dernier arc et le tablier sont des cercles de rayon croissant de la clef aux extrémités comme au pont du Carrousel. La largeur est de 5,90 *m*. Ce pont a été construit en 1796; il est encore en très bon état.

Le pont de la Severn pèse 385 *t*, celui de Laasan n'a qu'un poids de

47 tonnes, il a coûté 13 000 *f* environ pour la partie métallique, ce qui fait 280 *f* la tonne, prix qui n'a rien d'exagéré, même aujourd'hui; la dépense totale s'est élevée à 25 000 *f*.

Il nous parait intéressant de faire suivre les renseignement donnés par l'auteur allemand sur le pont de Coalbrookdale, de ce qu'en dit Telford dans son autobiographie :

« Une crue extraordinaire ayant détruit le vieux pont de Buildwas, j'ai été amené à examiner un nouveau mode de construction introduit vingt ans auparavant, lorsque le célèbre John Wilkinson et les maitres de forges de Coalbrookdale, dans le but de créer des débouchés à leurs produits, projetèrent de construire un pont en fonte pour remplacer le bac qui opérait le passage de la Severn près du village de Broseley; la dépense devait être supportée par une Société par actions.

» Les maitres de forges et l'architecte méritent grand crédit pour avoir introduit l'usage du métal dans ce genre de construction et pour la manière dont ils ont exécuté et monté ces grands arcs dont chacun, de 100 pieds d'ouverture en plein cintre, n'est composé que de deux morceaux, mais il est à regretter qu'ils n'aient pas su se dégager de l'imitation de l'arche usuelle en maçonnerie dont la forme appliquée au métal n'est pas gracieuse et n'offre pas assez de résistance à la poussée des terres derrière les culées, laquelle, en comprimant les arcs, tend à les relever à la clé.

» Le projet primitif de ce pont (qui forme une ère dans la construction de ce genre d'ouvrages) a été fait par Thomas Farnolle Pritchard, architecte résident à Schrewsbury; son petit-fils, M. John White, architecte à Londres, m'a communiqué les documents originaux datés du 17 octobre 1775 et ce n'est que justice à rendre à cet ingénieux artiste que de rappeler à cette occasion son mérite très réel. Le pont fut commencé en 1777 et M. Pritchard mourut en octobre de la même année. Les travaux furent exécutés à l'entreprise par Reynolds et Darby, maîtres de forges à Coalbrookdale et le montage conduit par M. Daniel Onions.

» En faisant le projet du pont de Buildwas, le second pont métallique qui ait été construit, je fis l'arche de 130 pieds (39,65 *m*) d'ouverture, la chaussée reposant sur un arc très aplati calculé pour résister aux pressions des culées (au cas où elles auraient cherché à se rapprocher comme à Coalbrookdale) cet arc étant lui-même soutenu et renforcé par un autre de moindre rayon descendant plus bas et montant plus haut, c'est-à-dire jusqu'au niveau de la partie supérieure du parapet. Chacun des arcs était en trois pièces et, aux joints, se trouvaient des plaques évidées reliant les arcs ensemble. Cette construction dérivait plutôt du principe de la poutre armée que de celui de la voûte en maçonnerie. Les culées offraient du côté du terrain une forme en plan incliné pour rejeter latéralement une partie de la poussée des terres. Sous le pont se trouve sur chaque bord un chemin de halage. Le pont de Buildwass a été fondu de la manière la plus admirable aux forges de Coalbrookdale en 1796; la dépense s'est élevée à 150 000 *f* en nombres ronds. »

Ce pont aurait donc été exécuté la même année que le pont de Laasan.

Les dessins en sont donnés dans le grand atlas qui accompagne la *Vie de Telford*, à la planche VI.

Les premiers ponts en fonte construits en France ne sont pas de beaucoup plus récents; ce sont le pont d'Austerlitz commencé en 1801 et terminé en 1806 et le pont des Arts qui date de 1804.

Un chemin de fer amphibie. — C'est le nom qu'on peut donner à une singulière voie de communication ou plutôt de promenade qu'on a terminée à la fin de l'année dernière près de Brighton. Cette ligne, qui a 4 800 *m* de longueur, va de Kemp Town à Rottingdean parallèlement à la côte et à quelques centaines de mètres du pied des falaises. Elle est tout simplement établie sur le fond de la mer. On a posé sur le sol et assemblé avec au moyen de mortier des blocs de béton distants de 0,90 *m* sur lesquels ont été fixées deux doubles files de rails ayant chacune un écartement de 0,83 *m* avec une distance totale entre les rails extérieurs des deux voies de 5,50 *m*. Sur ces rails roulent 4 chariots à 4 roues reliés chacun à un montant tubulaire incliné et ces montants portent à 7,30 *m* au-dessus du sol une plate-forme qui reçoit les voyageurs. Sur cette plate-forme sont disposés des sièges en plein air et un salon fermé; elle porte également les moteurs électriques de 30 *ch* chacun. Ceux-ci commandent deux arbres qui passent dans deux des montants tubulaires qui supportent la plate-forme et transmettent le mouvement aux roues; dans les deux autres montants tubulaires passent des tiges qui agissent sur les freins des roues.

Le courant produit à l'extrémité de la ligne du côté de Rottingdean est transmis au véhicule par un conducteur aérien porté sur des poteaux de télégraphe et par un trolley. A haute mer, il y a 3 à 3,50 *m* d'eau sur la voie de sorte que la plate-forme est à 3,50 *m* à 4 *m* au-dessus du niveau de l'eau. La voie est assez large pour donner à celle-ci une stabilité suffisante pour qu'il n'y ait rien à craindre de l'action de la mer ou du vent.

Les travaux d'établissement ont duré deux ans, ce qui n'a rien d'exagéré, si on considère qu'on ne pouvait travailler à la pose de la voie que quelques heures par jour, à basse mer. Les dépenses se sont élevées à 750 000 *f* environ y compris la construction de deux jetées d'embarquement aux extrémités de la ligne. L'ouverture a eu lieu le 28 novembre dernier; la durée du trajet est d'environ une demi-heure, la vitesse étant limitée à un taux assez faible par le Board of Trade.

Le pétrole à Bakou. — Un rapport du consul anglais à Batoum, dont nous trouvons un résumé dans l'*Engineering and Mining Journal*, donne d'intéressants détails sur l'accroissement rapide de l'industrie du pétrole à Bakou.

Cette ville est devenue un port maritime de première importance et le plus grand centre de commerce de la mer Caspienne. Ce fait est dû non seulement à l'existence dans le voisinage immédiat des gisements qui fournissent une quantité illimitée de naphte, mais encore à la situation de la ville placée sur les voies de communication qui conduisent d'un côté à la Russie et de l'autre à l'Asie centrale et à la Perse.

Quant aux puits à pétrole de la péninsule d'Apsheron, si on ne rencontre plus, comme il y a quelques années, autant de puits à jaillissement spontané, la production de l'huile est encore en quantité à peu près illimitée et les puits donnant un débit de 3 000 à 5 000 *t* par jour se trouvent encore de temps en temps. Lorsque le consul anglais était à Bakou, une de ces sources présentait un débit de 10 000 *t* par 24 heures et procurait à son heureux propriétaire quelque chose comme 150 000 *f* par jour. Cet énorme débit n'a pas duré longtemps, mais cependant, en deux mois, le puits a fourni plus de 300 000 *t* d'huile représentant une valeur de près de 4 millions de francs. L'huile coulait dans deux vastes étangs qui avaient été préparés à cet effet et desquels elle était pompée aussi rapidement que les machines pouvaient suffire et envoyée dans les réservoirs des steamers qui étaient le long des appontements voisins pour être transportée à Astrakan.

Le pétrole était vendu à mesure qu'il coulait et l'addition de cet énorme supplément au produit régulier ne fit en aucune manière baisser les prix. La demande du pétrole brut est, en effet, énorme, surtout pour les districts manufacturiers qui avoisinent les rives du Volga où on l'emploie comme combustible.

Bakou est rempli de raffineries dans lesquelles l'huile brute est transformée en divers produits marchands qui sont expédiés du port sur le Volga ou aux ports russes et persans de la Caspienne, ou envoyés par chemin de fer à Batoum pour être transportés par la mer Noire. L'existence de ces usines donne lieu à une demande importante pour les machines, les outils et approvisionnements divers.

Le commerce du pétrole a eu une très grande influence sur le développement de la navigation sur la mer Caspienne. L'industrie de la construction et de la réparation des navires est une des principales de Bakou. Le trafic des voyageurs sur la Caspienne devient d'année en année plus importante et, l'année dernière, il est devenu tel que les moyens de transport se sont trouvés insuffisants.

Les marchands qui font le commerce à Bakou sont des Arméniens, des Persans, des Tartares, des Israélites; quelques Grecs et peu d'Européens parmi lesquels la plupart sont des Allemands, il n'y a presque pas de Russes. L'alimentation d'eau est tout à fait insuffisante et ce fait suffit à expliquer que les conditions sanitaires sont très médiocres. Mais on s'occupe actuellement de l'établissement d'une distribution d'eau qui améliorera cette situation.

Usine à gaz de chauffage. — La « Citizen's Gas Company » à Bridgeport, dans le Connecticut, vient de mettre en service une usine qu'on dit être la plus grande installation de production de gaz de chauffage qui existe. Elle peut actuellement produire 140 000 m^3 par jour et les dispositions de l'usine permettent d'accroître la production quand on voudra sans gêner en rien le travail.

La Compagnie fournit actuellement 500 clients tant pour force motrice que pour usages domestiques. Le gaz est fait dans des gazogènes système Loowis dont chacun a 2^m75 de diamètre et 4^m60 de hauteur. Il y en a 8 disposés par paire et reliés à des scrubbers et des condenseurs.

On emploie un charbon bitumineux de peu de valeur qui est déchargé directement dans l'usine des barques qui l'amènent, celle-ci étant au bord de l'eau. Toute la manutention du combustible se fait par des moyens mécaniques et il n'y a presque pas de main-d'œuvre.

Il y a une canalisation complète pour desservir les quartiers manufacturiers de la ville et, en outre, une canalisation à plus haute pression destinée à envoyer le gaz à certaines usines où on a besoin de températures élevées, par exemple les fonderies de cuivre et d'autres établissements métallurgiques. Comme force motrice, le gaz a un grand emploi, soit pour chauffer des chaudières à vapeur, soit pour actionner des moteurs à gaz.

Le prix de base est de 50 cents les 1 000 pieds cubes, ce qui représente 9 centimes le mètre cube, mais la Compagnie accorde de larges remises aux consommateurs de quantités importantes et des escomptes à ceux qui payent comptant, de sorte que, dans ces conditions, le gaz ne coûte guère que la moitié du chiffre donné plus haut, soit 4 1/2 centimes le mètre cube à ceux qui consomment au moins 1 400 m^3 par mois, soit 45 à 50 m^3 par jour.

On conçoit que la commodité de l'usage du gaz, surtout lorsqu'on n'a pas la peine de le fabriquer, puisse conduire à un emploi considérable pour des applications industrielles lorsqu'on peut l'obtenir à un prix assez bas.

L'industrie sidérurgique en Italie. — En 1895, la production des minerais de fer ne s'est élevée qu'à 183 371 *t* d'une valeur de 2 028 556 *f*, en diminution de 4 357 *t* sur l'année précédente.

Sur ce chiffre, les minerais de l'île d'Elbe entrent pour 145 629 *t* contre 176 393 extraits en 1894. Le reste, en assez faible quantité, est fourni par la Lombardie. Sur les minerais de l'île d'Elbe, les deux tiers sont exportés en Angleterre et le reste en Hollande (pour l'Allemagne).

En 1895, il y a eu 7 hauts fourneaux en exploitation ayant produit 9 213 *t* de fonte d'une valeur de 1 039 738 *f*, contre 6 hauts fourneaux et 10 329 *t* en 1894 et 9 hauts fourneaux et 8 038 *t* en 1893.

Les forges et aciéries ont produit 214 138 *t* d'une valeur de 54 millions de francs contre 196 343 *t* et 50 millions de francs pour l'année 1894. On voit que la fonte indigène n'entre que pour un chiffre assez faible dans la production du fer et de l'acier des forges italiennes.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOVEMBRE 1896.

Rapport de M. HIRSCH sur **les turbines dénommées « Hercule-Progrès »**, de MM. SINGRUN frères, constructeurs à Épinal.

Ces turbines dérivent de la turbine américaine Hercule, inventée par Mac Cornick, il y a une quinzaine d'années, et qui s'est rapidement répandue aux États-Unis. Elles appartiennent au genre composé, à la fois centripète et parallèle, les filets, liquides, à l'entrée dans les aubages mobiles, convergent d'abord horizontalement de la circonférence vers le centre, puis se rapprochent de la verticale pour sortir de la turbine parallèlement à l'axe. Des essais de réception effectués à la poudrerie de Vouges ont donné avec une de ces turbines des rendements de 82 à 83 0/0, pour une chute variant de 2,18 à 1,50 *m* et une puissance de 15 à 24 *ch* au frein et 91 à 95 tours par minute.

Rapport de M. Édouard SIMON sur les cordons de sûreté pour **débrayage et freinage automatiques des lignes de transmission,** par M. FRANCHET FILS, à Elbeuf.

Le dispositif dont il s'agit consiste en un simple fil de fer tendu parallèlement à la ligne d'arbres de la transmission et aussi près que possible de la jante des poulies. La rupture de ce fil par la rencontre d'une courroie rompue ou du corps d'un ouvrier entraîné amène la chute d'un contrepoids, laquelle débraye la commande et fait agir un frein qui amène l'arrêt immédiat. Ce système est extrêmement simple et efficace.

Rapport de M. VIOLLE sur **les globes diffuseurs,** système Fredureau.

Ces globes, en cristal transparent, sont taillés à leur surface suivant un double système d'anneaux prismatiques analogues aux anneaux dioptriques des phares, de façon à rabattre la lumière au-dessus du foyer et à la diffuser régulièrement dans toute la portion utile de l'espace.

Ces globes placés sur un foyer à arc se montrent supérieurs aux globes dépolis ordinairement employés; leur rendement est plus grand et la distribution de la lumière meilleure. Il en est de même avec les lampes à incandescence.

Sur **l'assainissement des villes et des cours d'eau aux États-Unis,** par M. RONNA.

La première partie de cette note traite des eaux et égouts; on y trouve des renseignements détaillés sur la consommation d'eau dans les diverses villes; beaucoup ont une consommation supérieure à 500 *l* par

habitant et par jour. A Alleghany, Pa. ce chiffre s'élève à 1 081 *l*, à Buffalo à 845 ; la consommation a toujours été en progressant; par exemple, à Détroit, elle a passé de 236 *l*, en 1860, à 513 en 1872, et à 731 en 1890.

On trouve la description des distributions d'eau et canalisation d'égouts de Boston, Chicago, Los Angeles, etc.

La seconde partie étudie la question des eaux d'égout au point de vue de leur abondance et de leur composition, et la troisième partie leur traitement par les diverses méthodes, notamment par le filtrage intermittent.

Roues et turbines à vapeur, par M. K. Sosnowski *(suite et fin)*.

L'auteur continue à décrire les divers appareils compris sous le titre ci-dessus proposés ou essayés; dans cette dernière partie, il va depuis 1893 jusqu'aux derniers systèmes et s'étend sur la turbine Laval, la seule, dit-il, qui, jusqu'à présent, ait fait industriellement ses preuves.

Talemètres Barr et Strand de la marine anglaise (Extrait des publications de l'*Institution of Mechanical Engineers*).

La plus haute maison de New-York (Extrait de l'*Engineering News*).

Cette maison, actuellement en construction, aura vingt-sept étages, non compris les trois étages des clochetons dont le sommet s'élèvera à 106 *m* au-dessus du sol, la superficie est de 1 400 m^2. La fondation repose sur 3 500 pilotis en sapin, dont la tête est recouverte d'un lit de béton damé; sur ce lit sont posées des dalles de granit supportant les socles des colonnes de la carcasse métallique.

L'édifice sera desservi par quinze ascenseurs hydrauliques, marchant à la vitesse de 3,50 *m* par seconde, vitesse qui paraitrait tout à fait effrayante chez nous.

Le fer et l'acier à la température du soudage, d'après M. T. Wrightson (Extrait des *Philosophical Transactions of the Royal Society*).

On a constaté au moyen d'un pyromètre thermo-électrique placé au point de contact de deux barres de fer approchées dans les mâchoires d'une soudeuse électrique Thomson-Houston, que la température du métal s'abaisse par la pression. Cet abaissement a été trouvé de 57° à 1 400 pour une pression de 84 *kg* par centimètre carré. On serait porté à admettre que le choc du marteau, déterminant un abaissement du point de fusion, augmente la plasticité du fer ou la mobilité de ses molécules suffisamment pour que la soudure s'effectue à des températures notablement inférieures à celle de la fusion du fer (1 600° environ).

Notes de mécanique, par M. G. Richard.

On trouve dans ces notes la description de la machine verticale à triple expansion de Mac Intosh et Seymour, du tube de niveau perfectionné de Watson, de diverses applications de roulements sur billes, etc.

une note sur le tranchant des rasoirs, d'après M. Mellock, sur la boite à galets de Mac Gloin, un mouvement différentiel à billes de Vernon Boys. Nous signalerons enfin, un système original de jet d'eau à boule libre dans lequel une boule placée dans l'ajutage conique d'une pompe produit ce fait curieux que, loin d'être rejetée par l'eau, la boule est, au contraire, repoussée par la pression atmosphérique, de manière que l'eau s'échappe autour en une nappe unique très étendue, jusqu'à 18 *m.* par exemple, pour un orifice de 5 *mm* à la naissance du cône de l'ajutage et une pression de 5,6 *kg*. Ce phénomène a un rôle efficace dans les incendies en ce qu'il permet de mieux utiliser l'eau. Aussi l'emploi de cette disposition s'est-il rapidement répandu aux États-Unis où, dès 1895, plus de cent trente Compagnies d'assurances l'avaient adopté pour leur service d'incendie.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Septembre 1896.

Résistance des barres soumises à des efforts agissant parallèlement à leur axe neutre et en dehors de cet axe, par M. Dupuy, inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite.

En présence de l'intérêt que présente cette question, nous croyons utile de reproduire les conclusions de cet important travail.

Les barres soumises à des efforts agissant parallèlement à leur axe, mais en dehors de cet axe, ce qui est le cas général dans la pratique, subissent des flexions d'autant plus grandes que l'écartement de la résultante par rapport à l'axe de la pièce est plus considérable.

Le travail résultant de la déformation peut être infiniment plus grand que le travail moyen et le travail peut même, pour certaines fibres, être en sens contraire du travail que supporte l'axe neutre.

Dans le cas de la tension, le moment de flexion maximum se produit près des attaches, il est toujours inférieur au produit de l'effort par la distance qui sépare l'axe de la résultante; dans le cas de la compression, ce maximum se produit au milieu lorsque la pièce n'est pas entretoisée et il est toujours supérieur au produit de l'effort par la distance entre l'axe neutre et la résultante.

Lorsque la résultante ne coïncide pas avec l'axe neutre, on doit préférer les fers à nervure aux fers plats et les fers à T aux fers à E ou à rebords.

Dans les platelages en tôles embouties, on doit placer ces tôles de manière que les efforts agissent sur la convexité.

Lorsque, dans le même panneau, existent des barres tendues et d'autres comprimées, si on solidarise ces barres, si leur action est identique, le travail des barres tendues est accru et celui des barres comprimées diminué.

On arrivera à étendre considérablement les connaissances sur la manière dont travaillent les diverses pièces qui entrent dans la construc-

tion des ouvrages métalliques par l'emploi des appareils Rabat et on pourra ainsi arriver à des règles pratiques très utiles pour l'établissement de ces ouvrages.

Note relative à la loi du 11 juin 1880 sur **les chemins de fer d'intérêt local et les tramways**, par M. Auric, Ingénieur des ponts et chaussées.

Cette note résume les principaux inconvénients présentés par la loi de 1880 encore en vigueur et indique, d'après les divers auteurs qui se sont occupés de la question, les prescriptions qu'il y a lieu de suivre lorsqu'il s'agit de dresser des conventions engageant les finances départementales.

L'auteur examine successivement : la constitution du capital nécessaire à l'entreprise; la construction, l'exploitation et la participation financière de l'Etat et des départements.

Il renvoie d'ailleurs à un certain nombre de projets de loi ayant pour objet de modifier la loi de 1880, déposés notamment dans les sessions de 1893 et de 1894 de la Chambre des députés.

Sur un **mode particulier d'avaries le long des rivures de chaudières**, par M. C. Walckenaer, Ingénieur des mines, secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous l'avons analysée dans le Bulletin de décembre 1897, page 777.

Octobre 1896.

Note sur **la dimension à donner aux matériaux calcaires** employés aux rechargements généraux cylindrés, par M. Mocquery, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'emploi du cylindre à vapeur, très avantageux à d'autres points de vue, n'est pas sans quelques inconvénients avec les matériaux calcaires qu'il écrase si les dimensions sont trop faibles. Il y a, pour cette raison et aussi pour celle de l'usure, un intérêt réel à augmenter les dimensions des cailloux des chaussées d'empierrement. Le cassage à l'anneau de 0,08 substitué à celui de 0,06, a donné de très bons résultats.

La note a pour objet d'évaluer l'économie résultant de cette substitution; elle l'estime, par des considérations qui y sont développées, à 4,52 *f* par mètre cube, ce qui, pour 600 000 m^3 employés annuellement pour la France et l'Algérie, donnerait un chiffre total de 2 700 000 *f*, rien que pour les matériaux calcaires.

Renseignements pratiques pour **l'étude expérimentale des ponts métalliques**, par M. Rabut, Ingénieur des ponts et chaussées.

Ces études portent sur la vérification expérimentale de la stabilité des ponts métalliques, c'est-à-dire la mesure des déformations réelles, soit au passage des trains réguliers, soit sous des charges d'épreuve, et la note a pour objet de décrire les méthodes et les appareils employés dans

ce but. Ce mode d'investigation ouvre un champ très vaste en matière de constructions métalliques et permet d'élucider beaucoup de questions; pour n'en citer qu'une seule, l'expérimentation mettra à même d'établir en connaissance de cause le choix à faire définitivement entre les deux types de construction qui se partagent actuellement les ouvrages métalliques, les charpentes rigides à peu près exclusivement en usage dans l'ancien continent et la charpente articulée si employée en Amérique.

ANNALES DES MINES

10e et 11e livraisons de 1896.

Régulateurs, organes de réglage et volants des machines. — Théorie de la corrélation de ces appareils entre eux, par M. G. Marié, Ingénieur chef de division de la Compagnie P.-L.-M., en retraite.

Cet important travail qui a valu à notre Collègue, M. G. Marié, le prix Fourneyron de l'Académie des Sciences a pour objet d'étudier les organes des machines à vapeur qui concourent à assurer à la machine une vitesse constante ou sensiblement constante, malgré les variations du travail moteur et du travail résistant; ces organes sont le régulateur, le volant et les organes de réglage.

Or, non seulement il est nécessaire d'étudier séparément ces organes, mais il est, de plus, essentiel de connaître la corrélation qui doit exister entre eux, autrement on risque de n'obtenir un résultat satisfaisant que par hasard, pour ainsi dire.

La première partie du mémoire est consacrée à l'étude des régulateurs de vitesse à force centrifuge, étude qui consiste, après l'établissement des principes généraux, dans la description et le calcul des divers systèmes de régulateurs, soit à boules et à poids, soit à boules, à poids et à ressorts; la question si importante aujourd'hui des régulateurs à ressorts dans le volant y trouve naturellement sa place. L'auteur fait observer que ces derniers appareils ont non seulement l'avantage de diminuer l'encombrement de la machine, mais encore de pouvoir s'établir de manière à donner un écart relatif de vitesse déterminé et d'être bien moins sujets aux oscillations que les régulateurs à boules et à manchons pesants. Leur emploi implique nécessairement une assez grande vitesse de rotation de l'arbre, mais ces vitesses sont très fréquentes aujourd'hui, surtout en présence de l'application des moteurs à vapeur à la commande des dynamos.

La seconde partie traite du calcul du régulateur, des organes de réglage et du volant dans les machines où le régulateur agit directement sur la distribution au moyen d'un déclic et la troisième étudie les mêmes questions pour les moteurs où le régulateur agit directement sur la distribution autrement que par un déclic. La détente Farcot est donnée par l'auteur comme le premier exemple de cette dernière catégorie,

elle a toutefois, croyons-nous, été précédée par celle d'Edwards; de plus, M. Marié indique les machines où se rencontrent ces dispositions comme peu répandues; c'est pourtant dans cette classe qu'on peut placer les machines à distribution Rider qu'on rencontre très fréquemment aujourd'hui. C'est à cette catégorie qu'appartiennent également les machines où le régulateur, placé dans le volant, agit pour modifier le calage d'un excentrique agissant sur le tiroir ordinaire, genre de machines extrêmement répandu aujourd'hui.

La quatrième partie est consacrée au calcul du régulateur, des organes de réglage et du volant dans les machines où le régulateur agit directement sur une valve ou une soupape.

Cette disposition n'est plus guère employée que sur les machines peu importantes; l'auteur la considère, toutefois, comme pouvant donner une aussi bonne régulation que les systèmes à déclic, mais à la condition d'avoir un volant plus lourd et surtout d'avoir une valve bien disposée, ce qui se rencontre assez rarement dans la pratique.

La cinquième partie traite des régulateurs agissant indirectement sur la distribution.

Les systèmes rentrant dans cette catégorie n'ont été employés que rarement et sont absolument abandonnés actuellement.

La sixième partie examine le régulateur Denis et les régulateurs non basés sur la force centrifuge tels que le régulateur Larivière, le régulateur Allen, etc., systèmes peu répandus aujourd'hui.

Enfin, la septième et dernière partie donne les formules générales de régulateur d'un système quelconque, des organes de réglage et du volant, en fait quelques applications et se termine par des considérations sur le choix à faire d'un régulateur, suivant les cas, c'est-à-dire dans diverses conditions de vitesse et de régularité moyenne.

Le travail considérable dont nous nous occupons contient, en somme, tous les principes qui doivent servir de guide dans la construction des appareils de réglage des moteurs à vapeur, principes qui, comme le fait observer l'auteur, diffèrent notablement de ceux qui servaient de base jusqu'ici à l'étude de ces appareils; il parait de nature à rendre de réels services pour la construction de ces moteurs.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Septembre et Octobre 1896.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 3 octobre 1896.

Communication de M. Maurice sur **le mouvement des particules solides au sein d'un liquide.**

Cette question a un grand intérêt pour le lavage des charbons et des minerais. L'étude analytique en est très délicate et l'auteur a cherché à

obtenir d'une manière simple une solution suffisamment approchée pour les besoins de la pratique.

Ses conclusions sont que, tant que les mouvements considérés ont une amplitude assez faible pour que le champ de force puisse être considéré comme uniforme, on peut décomposer le mouvement en deux périodes.

La première prend fin lorsque le produit *mt* (*t* étant le temps écoulé depuis l'origine du mouvement) atteint la valeur 1 ; elle est caractérisée par ce fait que le mouvement y est uniformément accéléré et que l'accélération est indépendante de la grosseur des grains lorsque le liquide est au repos.

Elle n'est plus indépendante de la grosseur des grains lorsque le liquide est animé d'un mouvement de translation dans le sens vertical ; cette période initiale est toujours de très courte durée.

La seconde période commence lorsque *mt* est supérieur à 1 et alors on peut considérer le mouvement comme uniforme dès le début, en supposant que le grain considéré soit parti avec la vitesse limite d'un point de sa trajectoire plus élevé que sa position initiale d'une certaine hauteur H définie au cours du travail. L'auteur, dans un mémoire ultérieur, se propose d'appliquer les formules qu'il a établies à l'étude du lavage des charbons dans les bacs à piston et dans les lavoirs à feldspath.

Communication de M. Umbach sur **la distribution Breval-Duvergier.**

Cette distribution qui, bien qu'ancienne déjà, n'est pas décrite dans les ouvrages traitant des machines à vapeur, se compose : 1° d'un tiroir plan principal, déterminant le commencement de l'admission et les périodes d'échappement et de compression et 2° d'un tiroir de détente glissant sur le dos du premier et déterminant seulement la fin des périodes d'admission ; la course de ce second tiroir est variable et les variations de la course déterminent les variations de l'admission. Les variations de course s'obtiennent par le déplacement d'un coulisseau actionnant le tiroir de détente dans une coulisse dont l'extrémité oscille sur un point fixe et qui est commandée par un excentrique calé en avance de la manivelle d'un angle de 90° plus un certain angle β.

L'auteur étudie les conditions d'établissement et de fonctionnement de cette distribution.

Novembre 1896.

Réunions de Saint-Etienne.

Séance du 7 novembre 1896.

Communication de M. Maurice sur un essai de **théorie des lavoirs à piston et des lavoirs à feldspath.**

Cette note a pour objet l'application des formules établies par l'auteur pour le mouvement des solides au sein d'un liquide et dont il a été question plus haut.

Les trois cas suivants sont examinés : lavoirs à table mobile, lavoirs à piston à table fixe et appareils qui n'utilisent que la période initiale, lavoirs à feldspath.

Compte rendu par M. Chansselle du **Congrès de Budapest.**

A l'occasion du millenaire de la Hongrie, il a été tenu à Budapest, en septembre 1896, un Congrès des mines, de la métallurgie et de la géologie, auquel ont pris part un certain nombre de membres de la Société de l'industrie minérale. Le compte rendu de notre Collègue contient d'intéressants renseignements sur les questions traitées au Congrès et sur les excursions techniques faites à cette occasion.

Décembre 1896.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 5 décembre 1896.

Communication de M. Mazodier sur **un système de fermeture de portes conjuguées.**

L'auteur expose que, pour mettre sûrement une mine à l'abri des variations d'aérage qui pourraient résulter de l'ouverture des portes principales, il ne suffit pas de doubler ces portes, il faut encore les munir d'un appareil qui rende obligatoire la fermeture de l'une au moins d'entre elles.

Le système de fermeture qui fait l'objet de la note remplit trois conditions :

1° En toute hypothèse, il empêche l'ouverture d'une porte, si l'autre n'est pas complètement fermée;

2° Il maintient ouverte, malgré sa tendance à se refermer d'elle-même, la porte qui livre passage à un convoi de bennes ou à un ouvrier porteur d'un fardeau et supprime ainsi la tentation de la caler;

3° Il réalise la fermeture des portes à distance. Cette dernière condition est indispensable pour qu'on ne soit pas réduit à l'impossibilité de franchir un sas dont la seconde porte se trouve accidentellement ouverte.

Le principe de l'appareil est une application d'une idée qui a reçu d'abord dans la mécanique Jacquard, puis dans l'enclenchement des signaux de chemins de fer, de nombreuses applications et qui consiste à faire dépendre la possibilité d'un mouvement de la pénétration d'une tige dans un trou.

Un premier appareil a été monté aux mines de la Beraudiere où il fonctionne depuis huit mois dans une galerie très fréquentée où passent chaque nuit plus de 200 convois vides ou pleins. Les différentes parties sont en fer forgé et n'exigent aucun entretien; le prix d'ensemble pour les deux portes n'est que de 150 *f*.

Cet appareil peut d'ailleurs être démonté très facilement de sorte qu'il se prête très bien aux réparations que peut nécessiter l'entretien du boisage de la galerie.

On fait observer que quelques essais de systèmes remplissant le même but avaient été faits précédemment, mais que le système décrit dans la note est très supérieur et réalise un réel progrès.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de novembre-décembre 1896.

L'ouvrier américain. — Conférence faite à la Société industrielle le 25 novembre 1896 par M. E. Levasseur, membre de l'Institut.

Dans cette conférence, M. Levasseur étudie successivement les salaires, les syndicats et les conditions de la vie de l'ouvrier, les grandes fédérations ouvrières qui jouent un rôle si important aux États-Unis, l'emploi des machines qui y est si répandu. Il termine en faisant observer que si l'Amérique du Nord n'est pas nécessairement un modèle et une règle, elle n'en fournit pas moins un grand exemple et un exemple instructif, parce que les États-Unis constituent aujourd'hui un des foyers les plus intenses de l'activité industrielle et un des champs les plus féconds d'expériences économiques.

Le moteur Daimler et son application à la locomotion automobile. — Mémoire présenté à la Société industrielle par M. H. Kestner. Rapport de MM. A. de Glehn et E. Ludwig.

On sait que le moteur Daimler est un moteur avec cycle à 4 temps; il est vertical à deux cylindres indépendants dont chacun donne un temps d'impulsion pour deux tours de l'arbre moteur; les deux cylindres sont disposés de manière que le temps I de l'un coïncide avec le temps III de l'autre et le temps II avec le temps IV. L'admission et l'échappement se font par des soupapes; en marche normale, le moteur est réglé à 750 tours par minute, ce qui pour une course de 146 *mm* donne une vitesse moyenne des pistons de 3,65 *m* et une vitesse maximum de 5,70 *m* par seconde. Ce moteur fonctionne avec de l'essence de pétrole d'une densité de 0,680 à 0,760. L'inflammation se produit automatiquement par un tube de platine maintenu incandescent au moyen d'un brûleur spécial.

L'essence est volatilisée dans un carburateur et mélangée intimement à l'air pour former le gaz qui sert à la combustion interne.

Le moteur Daimler a été appliqué à la propulsion des véhicules par deux importantes maisons françaises, la Société Peugeot et nos collègues MM. Panhard et Levassor. Ces voitures, à quatre roues dont celles d'arrière motrices, pèsent à vide de 600 à 1 200 *kg*; elles peuvent marcher à 25 et 30 *km* à l'heure en palier et gravir des rampes de 10 0/0. Elles contiennent 24 *l* d'essence et 27 *l* d'eau; cette dernière circule pour se refroidir sous l'action d'une petite pompe centrifuge actionnée par le moteur lui-même. Ces voitures ont plusieurs vitesses différentes, les unes quatre, les autres trois seulement, avec des dispositions qui diffèrent suivant les constructeurs.

Rapport sur la **marche de l'école supérieure de chimie** pendant l'exercice 1895-1896, par M. Albert SCHLUMBERGER.

L'école a été fréquentée par 77 élèves contre 68 l'année précédente; sur ce chiffre il y a 27 alsaciens, contre 5 autres allemands, 7 français, etc. Les recettes ont été de M. 66 650 dont 43 370 d'écolage et le reste de subventions, et les dépenses à la même somme dont M. 35 398 pour traitements, M. 27 359 pour matériel et frais de cours et M. 3 891 pour entretien des bâtiments et du mobilier.

Rapport sur la **marche de l'école de filature et de tissage** pendant l'exercice 1895-1896, par M. C. DE LACROIX.

Le rapport constate de très réels progrès dans la fréquentation et les résultats des examens de sortie. Il est curieux de constater que la répartition des élèves donne 1/2 d'Alsaciens, 1/5 de Français, 1/10 d'Italiens, le reste de nationalités diverses et pas du tout de vieux Allemands.

Rapport sur l'**École d'art professionnel** de jeunes filles, par M. Alfred FAVRE.

Rapport sur la marche du **cours de dessin de figure et d'ornement,** par M. Aug. HAENSLER.

Rapport sur la marche du **cours de dessin linéaire,** par M. A. DE GLEHN.

Rapport sur l'**École de cuisine et de ménage** de la cour de Lorraine, par M. Th. SHCHLUMBERGER.

Au point de vue de l'économie sociale, il n'est pas inutile de dire quelques mots de cette école, établie à l'imitation des *Haushaltungschulen* dont il existe plusieurs en Suisse et dont le but est de mettre la femme en état de tenir convenablement un ménage, de lui montrer à tirer bon parti des moyens dont elle dispose, de l'habituer à l'ordre, l'économie, l'exactitude et la propreté. Considérée à ce point de vue et appelée à être une pépinière de bonnes et honnêtes femmes d'ouvriers, cette institution peut devenir une arme puissante contre le socialisme.

Le programme comporte la cuisine, la lessive, le racommodage, le repassage, quelques notions d'hygiène, la manière de traiter les malades, les premiers soins à donner aux blessés. Les cours ont lieu les uns le matin, les autres le soir; on a remarqué que ce n'est qu'à un certain âge que les élèves comprennent l'importance de cet enseignement. C'est la femme mariée qui parait le mieux l'apprécier et le suivre.

Les cours ont été suivis depuis leur ouverture le 1er juin 1894 par 236 élèves dont 115 ouvrières de fabrique, 85 jeunes filles sans profession au-dessous de 20 ans, etc. Les comptes de l'exercice 1895-1896 se traduisent par une recette de M. 4 950 dont 1 115 reçus des élèves à raison de 10 Pf. par tête et par jour et le reste fourni par Mme Schwartz-Schlumberger, et les dépenses par somme égale dont M. 2 755 pour nourriture et M. 1 800 pour traitement des deux directrices, le reste pour blanchissage, logement, etc.

SOCIÉTÉ DES INGENIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *2 janvier 1897.*

Installations relatives à l'hygiène sur les navires à vapeur modernes, par C. Busley.

Machines élévatoires pour la canalisation générale de Budapest, par Otto H. Mueller.

Moteurs à gaz et à pétrole à l'Exposition nationale suisse à Genève et à l'Exposition industrielle à Berlin en 1896, par E. Meyer.

Nouveautés dans la question des machines-outils pour le travail des métaux, par H. Fischer.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Nouvelle méthode de calcul des parties de chaudières et recherches sur les machines à vapeur.

N° 2. — *9 janvier 1897.*

Installations relatives à l'hygiène sur les navires à vapeur modernes, par C. Busley *(suite).*

Le matériel de chemin de fer à l'Exposition du Millenaire à Budapest, 1896, par E. Kelenyi.

Installations frigorifiques, par H. Lorenz.

Les questions relatives à l'invention devant le tribunal de l'Empire, par Stort.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Instructions aux chauffeurs pour le cas où les parois des chaudières viennent à rougir.

Variétés. — Essais des moteurs à essence.

Correspondance. — Nouvelle loi russe sur les patentes d'invention.

N° 3. — *16 janvier 1897.*

Concours pour la construction d'un pont-route fixe sur le Rhin près Worms, par W. O. Lucke *(suite).*

Installations relatives à l'hygiène sur les navires à vapeur modernes, par C. Busley *(suite).*

Installations frigorifiques, par H. Lorenz *(fin).*

Loi japonaise sur les patentes d'invention, par M. Wagner.

Installation de brasserie à Puerto-Cabello, Venezuela, par C. W. Schütz.

Groupe de Cologne. — Travaux de fondation du pont en construction sur le Rhin, à Bonn.

Groupe de Wurtemberg. — Exposition d'électrotechnique à Stuttgart en 1896.

N° 4. — *23 janvier 1897.*

Les locomotives à l'Exposition bavaroise, à Nuremberg en 1896, par E. Brückmann.

Installations relatives à l'hygiène sur les navires à vapeur modernes, par C. Busley *(suite)*.

Concours pour la construction d'un pont-route fixe sur le Rhin près Worms, par W. O. Lucke *(suite)*.

Question de l'éducation des Ingénieurs.

Groupe de Mannheim. — Installation du port de Rheinau, près Mannheim. — Exposition nationale Suisse à Genève en 1896.

Bibliographie. — Nouvelles machines frigorifiques, leur construction, leur fonctionnement et leurs applications industrielles, par H. Lorenz. — Documents statistiques sur les usines à gaz de l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie et la Suisse, par E. Schilling.

N° 5. — *30 janvier 1897.*

Installations relatives à l'hygiène sur les navires à vapeur modernes, par C. Busley *(fin)*,

L'électrotechnique à l'Exposition de Budapest, par M. von Koor *(suite)*.

Le navire de guerre à l'époque actuelle, par Neudock *(suite)*.

La question d'âge dans l'éducation des ingénieurs, par C. Bach.

Groupe de Mannheim. — Les appareils de levage dans les ports, avec station centrale de force motrice.

BIBLIOGRAPHIE

Mémorial des travaux publics du canton de Vaud. — Imprimerie Georges Bridel et Cie, Lausanne.

Cet important ouvrage, offert à la bibliothèque de notre Société par le Département des Travaux publics du canton de Vaud, est le développement d'une notice déjà produite, en germe, aux Expositions de Philadelphie en 1876 et de Zurich en 1883, et revue, complétée et mise à jour pour l'Exposition de Genève en 1896. Son objet principal est de donner un coup d'œil général sur les voies de communication existant dans le canton de Vaud aux diverses périodes de son histoire et de décrire les travaux qui y ont été exécutés dans les temps récents, en formant ainsi un résumé de l'extension donnée à toutes les branches actuelles d'activité de l'administration des Travaux publics de ce pays.

L'ouvrage commence par donner des renseignements sur l'organisation de cette administration sous les divers régimes jusqu'à l'époque actuelle. Il est bon de rappeler que le pays de Vaud a traversé un grand nombre d'époques dont les dernières et les plus intéressantes au point de vue qui nous occupe sont : la domination des maisons de Savoie et de Gruyère, l'ère bernoise, celle de la République helvétique et enfin le régime vaudois actuel.

Nous signalerons à ce sujet une série de notices biographiques sur les principaux Ingénieurs qui ont joué un rôle important dans les travaux publics et qui se rattachent par quelque lien au canton de Vaud. Nous citerons seulement parmi eux : Perronnet, né à Château-dŒx, qui fut le fondateur de l'École des Ponts et Chaussées de France, le constructeur du pont de Neuilly et de quantité d'autres ouvrages ; Aug. Perdonnet, de Vevey, dont il n'est pas nécessaire d'énumérer ici les titres bien connus; Mayor de Montricher, de Morges. Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en France, créateur du canal de Marseille, etc.; enfin notre Collègue G. Bridel, de Bienne, ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures, collaborateur de A. Barrault dans la construction de la partie métallique de ce Palais de l'Industrie qui va disparaître après plus de quarante années de bons services; on sait que Bridel eut l'honneur de mener à bonne fin les travaux du chemin de fer du Gothard.

Suit la description des routes et des travaux qu'elles ont nécessités; ces routes sont aujourd'hui réunies toutes en une seule classe comprenant 304 routes cantonales placées sur le même pied quant aux conditions de construction et d'entretien et mesurant ensemble 1 823 *km*. Certaines de ces routes, établies dans les régions montagneuses, par exemple celles du Pays d'En-Haut, constituent des applications remarquables de l'art de l'Ingénieur. Les ponts qui figurent sur ces voies appartiennent à toutes les époques; à côté de très anciens, on voit des spécimens de con-

struction moderne, comme le pont de la Chandelard et le pont de la Sarine chacun d'une seule arche métallique de 56 et 57 *m* de portée.

Un chapitre est consacré aux corrections fluviales comprenant les corrections de torrents, l'endiguement des fleuves et l'assainissement des marais et plaines humides. Il est donné la description d'un grand nombre de travaux de ce genre accomplis depuis un certain nombre d'années, lesquels ont coûté des sommes considérables et n'auraient pu être entrepris sans les subventions de la Confédération et de l'État vaudois. Nous citerons, parmi les plus importants de ces travaux, l'endiguement du Rhône sur la rive vaudoise, entre Lavey et le lac Léman, la correction de la Gryonne, qui, de 1878 à 1894, a déjà coûté plus de 1 100 000 *f*; l'assainissement de la plaine du Rhône; les travaux de la Baye de Clarens et de la Baie de Montreux qui sont des cours d'eau torrentiels et non pas, comme on pourrait le croire, des échancrures des bords du lac; la correction des eaux du Jura; l'assainissement des marais de l'Orbe, pour lequel on a dépensé et on dépensera, de 1875 à 1915, environ quatre millions de francs; enfin, les travaux de correction de la Broye, etc.

La partie relative à la navigation n'a qu'une très minime importance; elle se résume dans les travaux des ports de Morges et d'Ouchy sur le Léman et dans une intéressante notice historique sur le canal d'Entreroches, concédé en 1637 par le gouvernement bernois, pour créer une voie de transport entre les lacs Léman et de Neuchâtel. La partie nord, seule, entre Entreroches et Yverdon, a été achevée et exploitée au siècle dernier et jusqu'en 1829, elle portait des bateaux de 10 à 15 *t* et est, aujourd'hui, entièrement abandonnée. On cite ce fait original d'une embarcation qui fit le trajet complet d'Entreroches à Londres par ce canal, la Thiele, l'Aar et le Rhin.

On trouve un chapitre intéressant sur les concessions d'eau dépendant du domaine public, notamment pour force motrice. Il y a actuellement dans le canton de Vaud, 858 de ces concessions, dont 750 pour force motrice représentant une puissance collective de 13 500 *ch*; on les rencontre principalement dans le district d'Aigle, 95 usines et 3 280 *ch* et dans le district d'Orbe, 84 usines et 4 090 *ch*.

On trouve ensuite des détails sur l'historique de l'établissement des chemins de fer et l'état actuel de ces voies de communication; chemins de fer principaux, secondaires, funiculaires et tramways; ces derniers, d'établissement relativement récent, sont tous à traction électrique.

La dernière partie est consacrée aux mines. Ce qui concerne les combustibles minéraux, n'a, comme on doit s'y attendre, que peu d'importance. Le produit des cinq concessions exploitées n'a été, en 1895, que de 1 000 *t*; cette houille n'est pas employée par les grandes entreprises, mais seulement pour le chauffage des cuisines d'hôtel et par de petites industries locales, voisines des lieux de production. En revanche, l'extraction du sel a une tout autre importance et constitue une exploitation de premier ordre dans les salines du district d'Aigle ou salines de Bex, les seules exploitées aujourd'hui. Depuis 1680 jusqu'à l'époque actuelle, on y a exécuté d'immenses travaux souterrains. Aujourd'hui, les salines de Bex peuvent suffire à la consommation du canton de Vaud, ce qui représente 70 000 *q* par an, et pourront bientôt approvisionner les cantons voisins.

On y emploie les appareils Piccard qui permettent l'évaporation gratuite des eaux salées par l'action de la puissance hydraulique. L'ouvrage se termine par une notice sur l'exécution des travaux relatifs à la topographie du canton de Vaud.

Ce livre est imprimé avec luxe et accompagné d'un grand nombre de figures et de vingt-six grandes planches et photographies.

Nous devons rappeler ici, le rôle considérable qu'a joué dans les travaux divers que nous venons d'énumérer, depuis 35 ans qu'il est dans le service des Ponts et Chaussées du canton de Vaud, le principal rédacteur de cet ouvrage, M. L. Gonin, ancien élève de l'École Centrale, aujourd'hui Ingénieur en chef de ce service, rôle que sa modestie bien connue ne lui a pas permis de faire ressortir autant qu'il aurait été nécessaire. Nous tenons à rendre ici, à notre distingué Collègue, la part qui lui appartient à si juste titre.

Pour la Chronique, les Comptes rendus
et la Bibliographie :
A. Mallet.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1897

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

au 1er Janvier 1897.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN FRANÇAIS												
Académie des Sciences (Comptes rendus)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Aéronaute (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Album de Statistique Graphique relatif aux Chemins de Fer, Routes Nationales, Navigation, etc., de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Album National de la Fabrique et de l'Industrie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales de la Construction (Nouvelles)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Chemins Vicinaux	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales des Mines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées (Partie administrative)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées (Partie technique)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Annales du Commerce Extérieur	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

de l'Électricité	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire du Bâtiment (Sageret)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire Statistique de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association Amicale des Anciens Élèves de l'Institut du Nord (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association Amicale des Ingénieurs Électriciens (Mémoires et Compte rendu des Travaux)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association de Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Compte rendu des Séances des Congrès des Ingénieurs en Chef)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association des Ingénieurs-Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association du Musée des Photographies Documentaires (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association Française pour l'Avancement des Sciences. (Comptes rendus des Sessions)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Association Française pour l'Avancement des Sciences. (Informations et Documents divers)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Statuts)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Technique Maritime (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Avenir des Chemins de Fer (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bibliographie de la France, Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Blé (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Imprimerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Industrie Française	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin International de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambre de Commerce de Paris (Travaux de la)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambre de Commerce de Rouen (Compte rendu des Travaux)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

Chemin de Fer Grand Central Belge. Direction des Voies et Travaux (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Matériel et Traction (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes et Marine de Belgique (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chronique Industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Ciment (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Comité des Forges de France (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Comité des Forges de France (Bulletin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité permanent)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Conservatoire des Arts et Métiers (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Construction Moderne (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Cosmos (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Droit Industriel (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Écho Industriel et Commercial du Centre et du Sud-Est	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Éclairage Électrique (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
École Nationale des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Nationale Supérieure des Mines	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Spéciale d'Architecture	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Économiste Français (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Électricien (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Étincelle Électrique (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Génie Civil (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Génie Moderne (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Inspection du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Institut des Actuaires Français (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institut Égyptien (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Intermédiaire de l'Afas (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal d'Agriculture Pratique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal de la Meunerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Éclairage au Gaz	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chemins de Fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Photographes	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Travaux Publics	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Usines à Gaz	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal Officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal Télégraphique (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Marine Française (La)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Métallurgie et la Construction Mécanique (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Papeterie Française (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Intérêts Matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur Maritime	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Musée Social	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Nature (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Office du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Portefeuille Économique des Machines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Ports Maritimes de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Praticien Universel (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Réforme Économique (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Réforme Sociale (La)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Coloniale	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue d'Artillerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de Chimie Industrielle	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de l'Aéronautique Théorique et Appliquée	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du Commerce Extérieur	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue du Génie Militaire	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Générale des Chemins de Fer	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Horticole	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Maritime et Coloniale	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Pratique des Travaux Publics	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Technique et les Annales des Travaux Publics et des Chemins de Fer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Universelle des Mines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sciences et Commerce. Revue Pratique de l'Électricité	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Semaine Financière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine Minière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Service Hydrométrique du Bassin de l'Adour (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Service Hydrométrique du Bassin de la Seine (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Astronomique de France (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Belge d'Électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'Économie Politique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de l'Industrie Minérale (Compte rendu)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société de Protection des Apprentis (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Secours des Amis des Sciences	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société des Agriculteurs de France (Bulletin)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Technologique) [illegible]												
Société des Arts. Classe d'Industrie et de Commerce (Genève)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Études Coloniales et Maritimes	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société et Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers, Fondeurs de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société Française de Minéralogie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Française de Physique (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société Française de Physique (Séances de la)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Française des Ingénieurs Coloniaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Industrielle de Mulhouse (Programme des Prix)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle de Reims (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle de Rouen (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle du Nord de la France (Comptes rendus)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Internationale des Électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Nationale d'Agriculture de France (Mémoires, Séance publique annuelle)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France (Compte rendu des Congrès)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique de la Navigation Intérieure	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents divers, 1re Partie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents divers, 2e Partie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Houillères en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Syndicat des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Syndicat Général de la Marine (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Tableau Général des Mouvements du Cabotage	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Tableau Général du Commerce de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Technologiste (Le Chauffeur)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Vie Scientifique (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Yacht (Le), Journal de la Marine	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Akademie der Wissenschaften (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover (Zeitschrift) (Hannover).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Baumaterialienkunde	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin).	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Dingler's Polytechniches Journal (Stuttgart).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus (Jahrbücher) (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift) (Wien).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Statistik (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereines (Zeitschrift) (Wien).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Repertorium der Technischen Journal-Litteratur.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhuttenwesens (Düsseldorf)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift) (Berlin).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Vereines für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (Mittheilungen) (Wien).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
EN ANGLAIS												
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
American Engineer Car Builder and Railroad Journal (New-York).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
American Institute of Electrical Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Institute of Mining Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
American Society of Civil Engineers (Proceedings) (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of Civil Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
American Society of Mechanical Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Cleveland)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Annual Archaelogical Report) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Transactions) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions) (Montreal)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer of Boston (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer of Newton (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Electrical Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Electrical World (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering and Mining Journal (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Association of New-South Wales (Minutes of Proceedings) (Sydney)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
[illegible]	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Engineers' Club of Philadelphia (Record) (Philadelphia)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Indian Engineering (Calcutta)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institution of Civil Engineers (Private Press) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions) (Glasgow)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Iron and Coal Trades Review (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Massachusetts Institute of Technology (Annual Catalogue) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Massachusetts Institute of Technology (Annual Report) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Midland Institute of Mining, Civil, and Mechanical Engineers (Proceedings) (Barnsley)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Mining World (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Navy Department. Bureau of Navigation. Office of Naval Intelligence (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Annual Report) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Bulletin) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Memoirs) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions) (Halifax Nova Scotia)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Public Works Department. Government of Bengale (Revenue Report) (Calcutta)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Railroad Gazette (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Railway Engineer (London)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Society of Arts (Journal of the) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Society of Engineers (Transactions) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Street Railway Journal (The) (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
United States Artillery (Journal of the) (Fort Monroe. Virginia)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
United States Coast Geodetic Survey (Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Annual Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Bulletin) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Mineral Resources) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Monographs) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Naval Institute (Proceedings) (Annapolis)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
University of the State of New-York (Annual Report of the Regent) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
University of Wisconsin (Bulletin) (Madison) (Engineering Series)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
University of Wisconsin (Bulletin) (Madison) (Science Series)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Western Society of Engineers (Journal of the) (Chicago)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»

DANOIS												
Ingenioren (Kjobenhavn)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
EN ESPAGNOL												
Asociación de Ingenieros Industriales (Barcelona) (Revista Tecnológico Industrial)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales) México	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Asociación Nacional de Ingenieros Industriales (Boletin) (Madrid)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Boletin de Agricultura, Mineria e Industrias (México)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Boletin de Minas y Construcciones (Lima)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Industria é Invenciones (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Observatorio Meteorologico Central de México (Boletin Mensual)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Porvenir de la Industria (El) (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista de Obras Públicas (Anales) (Madrid)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revista de Obras Públicas (Boletin) (Madrid)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista) (México)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Sociedad Cientifica Argentina (Anales) (Buenos Aires)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Guatemalteca de Ciencias (Revista) (Guatemala)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad « Sánchez Oropesa » (Boletin de la) (Orizaba)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Universidad Central de Quito (Anales de la) (Quito)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN HOLLANDAIS												
Ingenieur (De) (La Haye)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het)(Notulen)(La Haye)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het)(La Haye)(Verhandelingen)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN HONGROIS												
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Heti Értesitöje (Budapest) . . .	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Közlönye (Budapest)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN ITALIEN												
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Memorie) (Roma).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Rendiconti) (Roma).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze (Atti dei)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Giornale del Genio Civile (Roma)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Industria (L') (Milano)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Ingegneria Civile e le Arti Industriali (L') (Torino)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Istituto d'Incoraggiamento (Atti del Reale) (Napoli)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Politecnico (Il) (Milano)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Annuario)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Programmi d'Insegnamento)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bollettino) (Roma)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
EN NORVÉGIEN												
Teknisk Tidsskrift (Norsk) Kristiania	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN POLONAIS												
Przeglad Techniczny (Warszawa)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN PORTUGAIS												
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civil Portuguezes) (Lisboa)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN RUSSE												
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Svode Privilegii) (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Injénière (Kiew)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sobraniyâ Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (St-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN SUÉDOIS												
Teknisk-Tidskrift (Svenska [illegible]												

EN TCHÈQUE												
Spolku Architektů a Inženýrů v Království Českém (Zpravy) (Praze).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Technicky Obzor (Praze)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 1240-2-97. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

FÉVRIER 1897

N° 2.

Sommaire des séances du mois de février 1897 :

De M. E. Sartiaux comme membre des Comités d'admission à l'Exposition de Bruxelles (Séance du 19 février), page 171;

De MM. G. Dumont, J.-S. Périssé, A. Pourcel, H. Rémaury, comme membres du Comité technique du Touring-Club (Séance du 19 février), page 171;

4° *Décorations* (Séance du 19 février), page 170;

5° *Médaille d'or décernée par M. le Ministre de l'Intérieur à M. H.-Ch. Bunel* (Séance du 5 février), page 166;

6° *Pli cacheté déposé par M. G.-L. Pesce, le 1er février 1897* (Séance du 5 février), page 166;

7° *Aéroplane mû électriquement*, par M. A. Brancher (Séance du 5 février), page 166;

8° *Expédition française au pôle nord en ballon*, par M. E.-L. Surcouf (Séance du 5 février), page 167;

9° *Exposé du problème de la navigation aérienne par le moins lourd et par le plus lourd que l'air*, par M. R. Soreau (Séances des 5 et 19 février), pages 169 et 171;

Mémoires contenus dans le bulletin de février 1897 :

10° *Expédition française au pôle nord en ballon*, par M. E.-L. Surcouf, page 174;

11° *Essai sur la détermination de la forme de moindre résistance à l'avancement des bateaux sous-marins*, par M. F. Chaudy, page 193;

12° *Notes de nos correspondants de province et de l'étranger*. Résumé par M. Ziffer d'une conférence de M. V. Wandruska, ingénieur en chef de l'Elektrizitäts-Gesellschaft Felix Singer et Cie, sur l'application du système Walker aux Tramways électriques, page 201;

13° *Chronique* n° 206, par M. A. Mallet, page 203;

14° *Comptes rendus*, — page 216;

15° *Bibliographie*, — page 228;

Pendant le mois de février 1897, la Société a reçu :

36473 — De MM. P.-A. Bergès et L. Bravet (M. de la S.). *L'hygiène à Lyon. Établissement du tout à l'égout. Eclairage électrique à bon marché. Eau potable en abondance.* Projet de MM. P.-A. Bergès et L. Bravet (in-4° de 95 p. avec 17 pl.). Lyon, Henri Georg, 1896.

36474 — De M. J.-V. Mendès Guerreiro. *Obras do porto de Lisboa. Conferencias feitas na Associação dos Engenheiros civis Portuguezes pelo socio João Verissimo Mendès Guerreiro* (in-8° de 27 p.). Lisboa, 1889.

36475 — Dito. *Ve Congrès international de navigation intérieure. Paris, 1892. 12e Question, Le Tage Portugais. Communication faite à la 4e Section, par M. J.-V. Mendès Guerreiro* (grand in-8° de 11 p. avec 3 pl.). Paris, Lahure, 1892.

36476 — Dito. *VIe Congrès international de navigation intérieure. La Haye, 1894. Influence de la forme des bateaux et de l'état de leur surface sur la résistance à la traction. Mémoire se rapportant à la 1re question, de J.-V. Mendès Guerreiro* (grand in-8° de 7 p. avec 1 pl.). La Haye, 1894.

36477 — Dito. *Obras do porto de Lisboa. Conferencias feitas em março e abril de 1892, por João Verissimo Mendès Guerreiro* (in-8° de 13 p. et de 18 p. avec 1 pl.). Lisboa, 1896.

36478 — De la Secretaria de Fomento, Colonizacion é Industria de la República Mexicana. *Carpologia Mexicana. Directorio general sobre la produccion de frutas en las municipalidades del pais. Obra compilada en el Observatorio Meteorológico Central por disposicion de la Secretaria de Fomento* (in-4° oblong de 1002-IX-11 p.). Mexico, 1895.

36479 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Le Vignole des mécaniciens. Études sur la construction des machines. Types et proportions des organes qui composent les moteurs, les transmissions du mouvement et autres mécanismes, par Armengaud aîné* 3e édition, entièrement refondue, 1er fascicule (grand in-8° de 192 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36480 — De la Smithsonian Institution, par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Sixteenth Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior 1894-95. Charles D. Walcott Director. In four parts. Part. I. Director's Report and Papers of a theoric nature.* Washington, 1896.

36481 — De M. H. Bonneau. *Étude sur les chemins de fer français, par H. Bonneau* (in-4° de 82 p.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36482 — De M. F. Foureau, par M. Chauveau des Roches (M. de la S.). *Au Sahara. Mes deux missions de 1892 et 1893. Le Gassi Touil et le Grand Erg. L'Oudje sud et le Tinghert. Hassi Messegguem et Hassi Imoulay. Réédition du Rapport de mission publié en 1893 par M. Fernand Foureau* (in-8° de 192 p. avec 1 carte). Paris, A. Challamel, 1897.

36483 — Du California State Mining Bureau. *California State Mining Bureau. J.-J. Crawford State Mineralogist. Thirteenth Report (Third Biennal) of the State Mineralogist for the two years ending September 15, 1896* (in-8° de 726 p.). Sacramento, 1896.

36484 — De M. L. Delaloe (M. de la S.). *Manuel pratique du charpentier en fer, traitant du petit et du gros outillage, des épures des ouvrages, de leur traçage, de leur exécution, de leur vérification avant leur livraison, de l'organisation des ateliers de construction de ponts et charpentes en fer, escaliers en fer en général, etc., etc., par M. Léon Delaloe.* Deuxième édition, revue et augmentée (in-8° de 122 p. avec 112 figures dans le texte et 10 planches). Paris, chez l'auteur.

36485 — De M. Gustave Renaud. *Les clearing-houses ou Chambres de compensation, par Gustave Renaud* (in-18 de 32 p.). Paris, Chamnel, 1897.

36485 bis - De MM. G. Dumont et Baignères (M. de la S.). *Les Ascenseurs.*
Voir : 36499 *Ascenseurs hydrauliques, ascenseurs hydrauliques avec emploi de moteurs à air comprimé, à gaz ou électriques, ascenseurs électriques*, par MM. G. Dumont et Baignères (Extrait du journal *le Génie Civil*) (grand in-8° de 112 p., avec 70 fig.). Paris, Vve Dunod et P. Vicq, *le Génie Civil* 1897.

36486 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *L'éclairage. Éclairage aux gaz, aux huiles, aux acides gras, par Julien Lefèvre* (petit in-8° de 180 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire. publiée sous la direction de M. Léauté). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1897.

36487 — Dito. *Les succédanés du chiffon en papeterie, par V. Urbain* (petit in-8° de 179 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire, publiée sous la direction de M. Léauté). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1897.

36488 — De M. Hillairet (M. de la S.). *Sur la traction mécanique dans Paris, par M. Hillairet* (Extrait du Bulletin de la Société Internationale des Électriciens, décembre 1896) (grand in-8° de 25 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

36489 — De M. Louis Boissier. *Tramways électriques à contacts souterrains sans caniveau par l'auto-commutateur balistique (système L.-E. Lacroix), par Louis Boissier.* Société industrielle de tramways électriques, Marseille (grand in-8° de 30 p.). Marseille, Moussard frères, 1897.

36490 — De la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport annuel. Exercice 1896-1897* (in-8° de 76 p,). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics.

36491 — De l'Association Parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. *Compte rendu des séances du 20e Congrès des Ingénieurs en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1896.* Paris, E. Capiomont et Cie.

36492 — De la Société d'Économie politique. *Bulletin de la Société d'Économie politique. Année 1896.* Paris, Guillaumin et Cie.

36493 — De l'Iron and Steel Institute. *The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. I, n° 11, 1896.* London, 1897.

36494 — Du War Department. *Annual Report of the Superintendent of the United States Military Academy 1896* (in-8° de 197 p.). Washington, 1896.

36495 — De M. H.-D. Woods (M. de la S.). *Boston Transit Commission. Second Annual Report, August, 15, 1896* (in-8° de 84 p.). Boston, 1896.

36496 — De M. P. Vicq (M. de la S.). *Revue de mécanique* (in-4° de 112 p.). Tome I, n° 1, janvier 1897. Paris, P. Vicq, Dunod et Cie.

36497 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics. Direction des routes, de la navigation et des mines. Division des mines. Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1895, avec un appendice contenant la statistique minérale internationale.* Paris, Imprimerie nationale, 1896.

36498 — *Annuaire pour l'an 1897, publié par le Bureau des Longitudes, avec des Notices scientifiques.* Paris, Gauthier-Villars et fils.

36499 — De MM. G. Dumont et G. Baignères (M. de la S.). *Les Ascenseurs. Ascenseurs hydrauliques. Ascenseurs hydrauliques avec emploi de moteur à air comprimé, à gaz ou électriques. Ascenseurs électriques, par G. Dumont et G. Baignères* (in-8° de 112 p. avec 70 fig.) (Extrait du journal le Génie Civil). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq. Le Génie Civil, 1897.

36500 — De la Smithsonian Institution, par le Ministère de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. New Series. Vol. XXIII. Whole Series. Vol. XXXI, from May 1895 to May 1896.* Boston, 1896.

36501 — De M. C.-P. Sandberg (M. de la S.). *Rail joints with large bearing surface, by C.-P. Sandberg* (Reprinted from Engineering November 13th 1896) (une feuille in-4°). London, 1896.

36502 — Dito. *Sandberg Rails from the Swedish Jernbanebladet. December 1896. Railway Gazette, Stockholm, by A.-L. Uggla* (Reprinted from Engineering January 2, 1897) (une feuille in-4°). London, 1897.

36503 — *Almanach Hachette. Petite encyclopédie populaire de la vie pratique. Édition simple pour 1897.* Paris, Hachette et Cie.

36504 — De M. G. Dureau. *Une visite à la sucrerie de Klein-Wanzleben, anciennement Rabbethge et Giesecke, Société anonyme, par Georges Dureau* (in-8° de 36 p.) (Extrait du Journal des Fabricants de sucre. N°s 46, 48, 49 et 51, année 1896). Klein-Wanzleben, 1896.

36505 — De la Real Academia de ciencias y artes de Barcelona. *Boletin de la Real Academia de ciencias y artes de Barcelona. Tercera época. Vol. I, n°s 1 à 13, 1892 à 1896* (format petit in-4°). Barcelona, 1892 à 1896.

36506 — Dito. *Historia de la Real Academia de ciencias y artes de Barcelona. Memoria inaugural del año academico de 1893 á 1894 leida por el Doctor José Balary y Jovany* (in-8° de 207 p.). Barcelona, 1895.

36507 à 36509 — De la Secretaria de Fomento, Colonizacion é Industria de la República Mexicana. *Estadistica general de la República Mexi-*

cana á cargo del Dr. Antonio Peñafiel. Año VII, Num. 7, 1891. Año VIII, 1893. Num. 8, Año IX. Num. 9, 1894. México, 1892 à 1894.

36510 — De M. Albert Nodon. *La photographie du spectre infra-rouge et étude des rayons Roentgen, par Albert Nodon.* Rapport présenté au deuxième Congrès international de chimie appliquée (in-8°, pages 250 à 269). Paris, Imprimerie du journal l'Industrie française, 1897.

36511 — De M. Bernard Tignol, éditeur. *Dictionnaire de chimie industrielle, par MM. A. Villon et P. Guichard. Tome II, fascicule 15.* Paris, Bernard Tignol, 1897.

36512 — De la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Bruxelles. Liste des Membres. Exercice 1896-1897.* Bruxelles, Imprimerie des Travaux Publics.

36513 — De M. G. Hanarte (M. de la S.). *Contribution à l'étude de la ventilation des mines. Les ventilateurs, par G. Hanarte* (in-4° de 16 p. autog.).

36514 — De M. A. Chélu-Bey (M. de la S.). *L'Égyptologie française et égyptienne. Champollion, E. de Rougé, Mariette et le Musée de Boulaq, par A. Chélu-Bey* (petit in-4° de 24 p.). Le Caire, Imprimerie nationale, 1897.

36515 — De M. Bernard Tignol, éditeur. *Aide-mémoire de poche de l'architecte et de l'ingénieur-constructeur, pour le calcul des constructions, par Ch. Sée* (Bibliothèque des actualités industrielles, n° 71) (in-16 de 224 p.). Paris, Bernard Tignol, 1897.

36516 — De M. L. Durassier (M. de la S.). *La collection des gîtes minéraux et métallifères à l'École nationale supérieure des mines, par L. de Launay* (in-8° de 56 p.). Paris, P. Vicq, Dunod et Cie, 1897.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1897, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

R.-J.-E. André, présenté par	MM.	de Marchena, Loreau, Molinos.
Ch.-H. Andry-Bourgeois,	—	Bouchet, Brüll, Loppé.
L.-M.-A. Balland,	—	Lippmann, Dumont, Baignères.
J.-E.-C. Barberot,	—	Béranger, Pommier, Delaporte.
J.-P. Bernard-Dutreil,	—	Dumont, Jousselin, Lambert.
P.-L. Bertin-Mourot,	—	Mayer, Pontzen, Reymond.
V.-A. Bidet,	—	Bert, Dumont, Le Roy.
P.-C.-P. Bornet,	—	Lippmann, Dumont, Guérin.
A.-E. Calmettes,	—	Dumont, Baignères, Jousselin.
E.-A. Campagne,	—	Molinos, Rey, Gruner.
Ch. Chapat,	—	Avril, Pouquet, de La Vallée-Poussin.
L. Cochet,	—	Lippmann, Tissot, Wourgaft.
L. Couffinhal,	—	Dumont, Baignères, Jousselin.

J.-L.-V. Cubain, présenté par MM. Lippmann, Dumont, Baignères.
E. Dénoyer, — Lippmann, Bert, Godchaux.
C. y R. Dimas, — Burgaleta, Rahola, Stévenin.
A.-L.-M. Dupont, — Delin, Delachanal, Sabathier.
E.-G. Evers, — Delin, Caillard, Sabathier.
L.-H. Féret, — de Chasseloup-Laubat, de Dax, Vauthier.
A.-F.-L. Frébourg, — Grison, Polonceau, Wassner.
L.-L.-M. Gentil, — Bouilhet, Derennes, Gallois.
L.-Ch. Girodias, — Lippmann, Tissot, Wourgaft.
P. Goedkoop, — Candlot, de Dax, Massalski.
Ch. Gourgoulin, — Croizier, Drouin, Heilmann.
G.-D. Grosclaude, — Dumont, Jousselin, Baignères.
P.-F. Guillomot, — Dumont, Jousselin, Baignères.
H. Hanoteau, — Carimantrand, Dumont, Gallais.
A.-G. Husquin de Rhéville, — Hergent, Guilbert-Martin, Badois.
J-.M.-L. Huvé, — Delmas, Pierron, de Dax.
E.-A. Ivatts, — Gallais, Lattès, Lenicque.
P. Juppont, — Dumont, Bert, Hospitalier.
J. de Kannegiesser, — Belelubsky, Brandt, Ghercevanof.
H.-M.-G. Labbe, — Joly de Bammeville, Bouniol, Petit.
A. Labussière, — Buquet, Canet, Delmas.
E. Lahaye, — Gottschalk, Euverte, Remaury.
Ch.-G. Lambert, — E. Lippmann, Lippmann fils, Guérin.
A.-A. Lambert, — Dumont, Lambert, Jousselin.
H.-M.-P. Lecler, — Lantrac, de Bonnard, Bergeron.
J. Le Cœur, — Molinos, Delmas, de Dax.
L.-E.-L. Lemal, — Lippmann, Dumont, Guérin.
V. de Lespinats, — Buquet, Jordan, G. Lévi.
H. Lorphelin, — Cartier, Cochelin, G. Thomas.
L.-A. Masure, — Lippmann, Gallois, Grosseteste.
A. Mauguin, — Reymond, Albaret, Berton.
St-Y. Menard, — Buquet, Hegelbacher, G. Lévi.
E. Mertz, — Demolon, Tissot, Wourgaft.
A.-G. Mestayer, — Badois, Chardon, Lavezzari.
J.-A.-M. Michalon, — Dumont, Baignères, Jousselin.
Ch.-F.-R. des Moutis, — Harlé, de Grièges, Baclé.
P.-Ch. Nicolle, — Loreau, Bertrand de Fontviolant, Trélat.
F.-C. Ollivier, — Boutain, Clamens, Imbert.
J. Poulet, — Lippmann, Roger, Pozzy.
N.-H. Prudhomme, — Barre, Dujour, Gressier.
P. Roger, — Durey, Chouanard, Bert.
E. Rousselot, — Dumont, Baignères, Jousselin.
R. Samson, — Delachanal, Delin, Sabathier.
J. Sussfeld, — Lippmann, Jametel, Schiff.

F.-A. Taillefer, présenté par MM. Bert, Carpentier, Maunoury.
Ch. Talansier, — Lippmann, Bricogne, Couriot.
L.-L. Thoret, — Forgue, Fouché, Hortsmann.
P. Van de Wetering, — Zschokke, Massalski, de Dax.
G. Zweifel, — Géliot, Tachard, d'Yochet.

Comme Membres associés, MM. :

A.-A. Appert, présenté par MM. L. Appert, Gottschalk, Loreau.
E.-J. Cerisay, — Delmas, Molinos, de Dax.
J.-C. Dietz, — Carimantrand, Mallet, Maurice.
A.-J. Dumesnil, — Delmas, Gassaud, Martinez.
F.-Ch.-M. Eissen, — Dumont, Périssé, Piat.
E. Geoffroy, — L. Appert, Delore, M. Appert.
J. Goujon, — de Joly, Durieux, L. Rey.
J. Houbert, — Delmas, Pommier, Robin.
E. Mercet, — Molinos, Rey, Coignet.
S.-S. Merzbach, — L. Appert, Brüll, Carimantrand.
H.-J. Murat, — Delmas, Molinos, de Dax.
F. Périer, — Molinos, Rey, Coignet.
E. Pinget, — Delmas, Robin, Pommier.
G.-P. Trouvay, — Delin, Delachanal, Sabathier.
L.-H. Varigard, — Durupt, Richard, Jouffret.
A. Vivinis, — Delmas, Robin, Pommier.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 FÉVRIER 1897

Présidence de M. Ed. Lippmann, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. le Président fait part des rectifications suivantes qui ont été demandées au procès-verbal de la séance du 15 janvier dernier :

M. L. Appert a remarqué que dans la liste des fournisseurs qui avaient offert leur concours à la Société pour la construction du nouvel hôtel, M. le Président sortant Molinos avait omis d'indiquer dans son discours la Société des ciments français de Boulogne-sur-Mer. D'un autre côté, M. L. Appert désire que l'on remplace son nom dans ce même discours par celui de MM. Appert frères.

M. L. Gonin, Ingénieur en chef du département des travaux publics à Lausanne (Suisse), informe, dans une lettre, que c'est le département des travaux publics du canton de Vaud qui, sur sa proposition, a offert à la Société le volume intitulé *Mémorial des travaux publics du canton de Vaud*, ouvrage que M. Gonin avait été chargé, par cette administration, de rédiger à l'occasion de l'Exposition nationale suisse.

Ces rectifications admises, les procès-verbaux des séances du 15 et du 22 janvier sont adoptés.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de M. J. Arsac, membre de la Société depuis 1876, directeur des Forges de Douai (Nord).

M. le Président annonce avec plaisir la nomination de M. F. Delmas comme inspecteur régional de l'Enseignement industriel : celle de M. A. Loreau comme régent de la Banque de France et celle de M. A. Simon, comme secrétaire des sous-comités de l'arrondissement de Cherbourg (Exposition de 1900).

Il ajoute que, par arrêté du 24 décembre 1896, et conformément à l'avis du Comité de direction des services de l'hygiène, M. le ministre de l'Intérieur a décerné une médaille d'or à M. H.-Ch. Bunel, architecte en chef de la Préfecture de Police, membre du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département, membre de la Société des Ingénieurs civils de France, en témoignage de sa longue et active participation aux travaux du Conseil central d'hygiène du département de la Seine.

Il est procédé ensuite à l'élection des membres du jury pour le *Prix Nozo*. Le Comité propose MM. Bertrand de Fontviolant, L. Salomon et H. Vallot comme jurés titulaires; MM. Lencauchez, Chalon et Rubin comme jurés suppléants.

M. le Président fait inscrire ces noms sur le tableau et aucun autre nom n'ayant été proposé par l'Assemblée, il est procédé à l'élection au scrutin secret, conformément au règlement.

MM. Bertrand de Fontviolant, L. Salomon, et H. Vallot sont élus jurés titulaires.

MM. Lencauchez, Chalon et Rubin sont élus jurés suppléants.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus particulièrement :

Les *Ascenseurs*, par MM. Dumont et Baignères, et le *Manuel pratique du charpentier en fer*, de M. Delaloe.

M. le Président dit qu'il a reçu une lettre par laquelle M. H. Bécus, directeur du Comptoir géologique de Paris, fait part aux membres de la Société qu'il se charge d'éditer les ouvrages qu'ils voudront bien lui confier, en partageant par moitié avec eux le produit des bénéfices nets réalisés. La signature de l'auteur, apposée sur chaque exemplaire, constitue un moyen de contrôle certain; et il va sans dire que les risques de l'édition restent à la charge de M. Bécus.

M. le Président a reçu une lettre l'informant que M. le professeur Revillout, conservateur du musée au Louvre, doit, au mois d'octobre prochain, partir en mission officielle du gouvernement français pour l'Égypte, la haute Égypte et la Nubie. MM. les membres des Sociétés savantes qui désirent se joindre à M. Revillout y seront autorisés sur demande spéciale, et ceux de nos Collègues que ce voyage intéresse trouveront des renseignements complémentaires au Secrétariat.

M. G.-L. Pesce a fait à la Société, à la date du 1er février 1897, le dépôt d'un pli cacheté.

M. le Président donne la parole à M. A. Brancher pour sa communication sur un *Aéroplane mû électriquement.*

M. A. Brancher présente un modèle représentant au 1/24 ce que devrait être l'aéroplane, à une seule place imaginé par M. Ludwig.

L'appareil comprend une cage de forme allongée composée de tubes en acier à section de losange. Cette cage où se place l'aéronaute porte à sa partie inférieure un moteur électrique qui commande, au moyen d'arbres creux, les deux hélices d'avant et les deux hélices supérieures.

Ces transmissions sont pourvues d'embrayages élastiques, système Brancher, permettant de faire varier leur vitesse et même d'obtenir l'arrêt. Les hélices sont indépendantes les unes des autres.

Si l'on considère chaque groupe d'hélices, on voit que les ailes de l'une sont inclinées en sens inverse des ailes de l'autre et comme elles tournent en sens inverse leurs actions s'ajoutent. L'hélice d'avant est plus petite que l'hélice placée immédiatement derrière; de même l'hélice supérieure est plus petite que l'hélice placée au-dessous. Les plus grandes ailes sont animées d'un mouvement de rotation plus rapide afin d'augmenter la pression sur l'air et augmenter, par cela même, l'effet général.

La seconde partie du mécanisme attaque les grandes ailes au moyen d'un levier relié à un dispositif de transmission par losanges articulés terminés par un axe traversant l'extrémité des ailes. Ces ailes sont formées d'une série de nervures radiales entrecroisées par des barrettes. Les espaces libres constituent une série de fenêtres garnies de soupapes. A la descente de l'aile, les soupapes se trouvent fermées par la pression de l'air; à la montée, au contraire, elles laissent passer l'air de la partie supérieure à la partie inférieure.

L'aéronaute, placé près du moteur, manœuvre les touches des embrayages et se laisse enlever par le mouvement des hélices supérieures aidées du battement lent des ailes.

Les hélices d'avant permettent de se diriger. La quille ou queue sert à maintenir l'équilibre de l'appareil.

M. Brancher termine en disant qu'il n'ose avancer que ce modèle soit la solution complète de l'aviation par des procédés purement mécaniques, mais que le système lui a paru assez ingénieux et intéressant pour être présenté.

M. Brancher annonce que des essais complets seront faits d'ici peu lorsque l'on aura appliqué à l'appareil un moteur léger à courant continu.

M. le Président remercie M. A. Brancher et il espère que notre Collègue sera bientôt en mesure de faire assister les membres de la Société à une expérience définitive de l'intéressant modèle qu'il a présenté.

M. le Président invite M. E. L. Surcouf à prendre place au Bureau pour développer sa communication sur *une Expédition française au Pôle Nord en ballon.*

M. E. L. Surcouf expose dans tous ses détails le projet d'exploration au pôle nord qu'il va mettre en exécution au printemps 1898, avec son associé, M. Louis Godard.

Le ballon qui servira à cette expédition se composera de deux enveloppes de soie indépendantes, s'emboitant l'une dans l'autre, et il comportera un ballonnet à air d'un cube raisonné pour cette navigation spéciale. Ce ballon pourra contenir 10 847 m^3 d'hydrogène pur et sa force ascensionnelle sera de 12 000 *kg*. Le poids du matériel aérostatique sera de 4 550 *kg* et l'équipage composé de sept personnes aura à sa disposition des vivres pour cent vingt jours, du matériel de campement, des appareils divers et un grand nombre d'accessoires.

L'expédition comporte deux problèmes :

1° L'étude du voyage au point de vue spécial aéronautique, c'est-à-dire la construction et l'agencement du véhicule permettant de rester en l'air pendant le temps probable de la traversée, en tenant compte de toutes les mauvaises chances, dont la principale est l'accalmie plus ou moins prolongée ou plus ou moins accentuée;

2° L'étude des moyens permettant de relever avec une exactitude suffisante la route parcourue, le ou les points d'atterrissage et enfin, éventuellement, l'emplacement du pôle lui-même.

Le premier de ces problèmes, le plus facile pourtant à résoudre, en l'état actuel des progrès réalisés aujourd'hui dans la construction aérostatique, est le seul qui ait soulevé bon nombre d'objections dont les principales sont les suivantes :

Difficulté de tenir l'air pendant plusieurs semaines, programme non encore réalisé;

Craintes de voir l'enveloppe d'un ballon se comporter d'une façon défectueuse sous des températures auxquelles nulle enveloppe de ballon n'a encore été soumise;

Difficulté de se maintenir en l'air si la neige tombe en abondance;

Difficulté de résister à des températures très basses, aussi bien pour le matériel que pour l'équipage;

Probabilité de ne pas rencontrer le vent favorable pour revenir, en admettant qu'on le trouve pour aller, et chance de rencontrer peut-être, même au pôle, le calme plat.

M. Surcouf, après avoir établi au moyen de la carte du pôle projetée, les distances à parcourir, répond à toutes ces objections en citant documents et expériences qui détruisent une à une toutes les craintes nées de l'intérêt que l'on porte généralement à cette tentative.

Puis, rappelant les dispositifs, au moins bizarres, imaginés par M. André, chef de l'expédition suédoise, il en fait point par point une critique très serrée, et démontre, entre autres, l'impossibilité presque absolue d'obtenir une déviation quelconque, au moyen d'une voile adaptée à un ballon libre.

Il démontre enfin que le ballon « France » pourra rester aisément plus de soixante jours en l'air, soit plus de quatre fois le temps probable de la traversée.

Après avoir dit la difficulté réelle de déterminer d'une façon exacte les coordonnées géographiques de plusieurs points de la route suivie et rappelé succinctement les moyens les plus usités dans la marine, M. Surcouf fait pressentir la méthode à laquelle devront s'arrêter les explorateurs pour déterminer leur point et faire que tant d'efforts et de travaux ne restent pas stériles !

M. G. Pesce ayant demandé la parole, M. le Président, d'accord avec l'assemblée, renvoie la discussion après l'exposé de M. R. Soreau. De même la lettre que M. M. Dibos, empêché d'assister à la séance, a écrite pour présenter, par avance, des objections au projet de M. Surcouf, ne sera lue qu'au moment où la discussion générale s'ouvrira.

M. le Président félicite vivement M. Surcouf de son hardi projet exposé avec une clarté, une précision et une assurance telles qu'il fait partager par l'auditoire sa confiance dans la réussite de ce voyage. M. le Président espère que, dans une séance ultérieure, M. Surcouf voudra bien faire part à la Société des observations faites au cours de son exploration et des incidents qui ne manqueront pas de se produire. Cet événement scientifique aura le plus grand retentissement, et sa gloire rejaillira sur la France entière, puisque notre Collègue se trouve être ici en concurrence avec l'Étranger.

M. le Président donne la parole à M. R. Soreau pour sa communication sur un *Exposé du problème de la navigation aérienne par le moins lourd et par le plus lourd que l'air.*

M. R. Soreau dit que le problème de la navigation aérienne comporte trois solutions théoriques : 1° l'utilisation des vents à l'aide de l'aérostat, moyen précaire qui ne saurait constituer à lui seul une solution satisfaisante; 2° la direction des ballons, qu'il a étudiée dans son mémoire de 1893 et dont il se borne à rappeler les principes; 3° l'aviation, qui fera plus particulièrement l'objet de sa communication actuelle.

Il ajoute que, loin de considérer le moins lourd et le plus lourd que l'air comme exclusifs l'un de l'autre, il convient d'admettre la doctrine éclectique et large d'après laquelle l'un et l'autre sont possibles, mais correspondent à des phases différentes de l'état industriel. Il montre en particulier que si l'on augmente la vitesse du ballon dirigeable à mesure que les moteurs légers se perfectionneront et que la connaissance des lois de l'aérodynamique permettra de diminuer la résistance à l'avancement, le dirigeable, à partir d'une certaine vitesse, s'éliminera de lui-même pour faire place à l'aéroplane.

Pour ne pas se dérober à la tradition qui fait du vol des oiseaux la préface obligée de l'aviation, M. Soreau étudie ce vol, d'ailleurs fort intéressant en lui-même. Il analyse les battements de l'aile, montre leur mécanisme et donne la théorie du vol.

En raison de l'heure avancée, M. le Président demande à M. Soreau d'interrompre sa très intéressante communication pour en reporter la suite au commencement de la prochaine séance. M. Soreau montrera quelles conclusions il convient de tirer du vol des oiseaux, puis il étudiera la navigation aérienne au point de vue auquel doit se placer l'Ingénieur : transport de passagers dans des conditions suffisantes de sécurité, d'habitabilité et de durée.

M. le Président annonce que les orateurs et les membres de la Société ont eu la bonne fortune de compter parmi l'auditoire les deux grands et hardis explorateurs, M. le lieutenant de vaisseau Hourst et M. le capitaine Calmel, qui ont bien voulu accepter de nous faire prochainement deux conférences sur l'exploration et les travaux exécutés au Soudan et sur la navigation du Niger. *(Vifs applaudissements.)*

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P.-L. Bertin-Mourot, C.-R. Dimas, L.-H. Feret, H. Lorphelin, L.-A. Masure, F.-C. Ollivier, N.-H. Prudhomme, L.-L. Thoret,

G. Zweifel comme membres sociétaires, et de MM. J. Goujon, E. Mercet, S.-S. Merzbach, F. Périer comme membres associés.

MM. R. André, C.-H. Andry-Bourgeois, L. Ballaud, E. Barberot, J. Bernard-Dutreil, V.-A. Bidet, C. Bornet, E. Calmettes, E. Campagne, Ch. Chapat, L. Cochet, L. Couffinhal, J. Cubain, E. Dénoyer, A.-G. Dupont, E. Evers, L. Frébourg, L. Gentil, L.-Ch. Girodias, P. Goedkoop, Ch. Gourgoulin, G. Grosclaude, P.-F. Guillomot, H. Hanoteau, A.-G. Husquin de Rhéville, L. Huvé, E.-A. Ivatts, P. Juppont, J. de Kannegiesser, H. Labbe, A. Labussière, E. Lahaye, E.-A. Lambert, G. Lambert, P. Lecler, J. Le Cœur, L. Lémal, V. de Lespinats, A. Mauguin, S. Ménard, E. Mertz, G. Mestayer, M. Michalon, R. des Moutis, P.-Ch. Nicolle, J. Poulet, P. Roger, E. Rousselot, R. Samson, J. Sussfeld, A. Taillefer, Ch. Talansier, P. Van de Wetering, sont reçus membres sociétaires, et MM. A. Appert, J. Dietz, A. Dumesnil, F. Eissen, E. Geoffroy, J. Houbert, H. Murat, E. Pinget, G. Trouvay, L. Varigard, A. Vivinis sont reçus membres associés.

La séance est levée à 11 heures et demie.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 FÉVRIER 1897

PRÉSIDENCE DE M. ED. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre par laquelle notre Collègue, M. Édouard Poillon, fait connaître à la Société, comme complément aux renseignements donnés par M. Ch. Cleiren, dans la séance du 22 janvier, que la « Grille Kudliez » permet de brûler avantageusement les menus, les poussiers de houille, de coke, d'anthracite, tout aussi bien que les combustibles gros. Il y a actuellement, en France, 238 applications de ce système de grille.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. A. Loreau a été nommé chevalier de la Légion d'honneur. Il serait superflu de faire l'éloge de M. Loreau, car tous les Membres de la Société connaissent cet Ingénieur habile, ce grand manufacturier philanthrope, cet homme de cœur et de dévouement dans la grande acception du mot. Aussi est-ce bien le cas de dire, une fois de plus, qu'une pareille distinction honore autant celui qui la reçoit que le Gouvernement qui la décerne.

M. le Président fait part de deux autres nominations dans la Légion d'honneur, qui seront accueillies également avec le plus grand plaisir par tous nos Collègues, ce sont celles de M. P.-E.-M. de Boischevalier, Vice-Président du Conseil d'administration de la Compagnie des chemins de fer de l'Est et administrateur de plusieurs grandes Sociétés industrielles, et de M. L. Kéromnès, Ingénieur principal des ateliers de machines au chemin de fer du Nord.

M. E. Sartiaux a été nommé membre des Comités d'admission à l'Exposition de Bruxelles, et MM. G. Dumont, J.-S. Périssé, A. Pourcel, H. Rémaury, membres du Comité technique du Touring-Club.

M. le Président a le regret d'annoncer les décès de M. P.-E. Simons, fabricant de carrelages, mosaïques, et de M. A. Camoin, Ingénieur de la Société de construction des Batignolles.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus particulièrement l'ouvrage de M. Ch. Sée, intitulé : *Aide-mémoire de poche de l'Architecte et de l'Ingénieur-Constructeur pour le calcul des constructions*. Don de M. Bernard Tignol, éditeur.

M. le Président annonce qu'il a reçu de M. A. Brancher la lettre suivante :

« Monsieur le Président,

» J'ai l'honneur de vous signaler une preuve de plus en faveur des bonnes relations qui existent entre les Membres de la Société et leurs Collègues d'Amérique.

» Au cours d'une réunion qui a eu lieu le 21 janvier dernier, une vingtaine des Ingénieurs excursionnistes français de Chicago décidèrent d'adresser à leurs Collègues des États-Unis et du Canada des télégrammes témoignant leurs sympathies et leur bon souvenir de leur brillante réception à New-York, Philadelphie, Boston, Chicago, Montréal et Québec en 1893.

» Nos Collègues nous ont répondu, fort aimablement, par l'envoi de trois longs télégrammes de New-Orléans, Montréal et Chicago, et je suis l'interprète de mes compagnons de voyage en reportant à la Société la faveur de ces sympathies.

» Il est regrettable que les Membres de notre Société ne profitent pas plus souvent des bons sentiments de nos Collègues étrangers.

» Recevez, etc.

» A. Brancher. »

M. le Président donne la parole à M. R. Soreau pour la suite de sa communication sur un *Exposé du problème de la navigation aérienne par le moins lourd et par le plus lourd que l'air*.

Après avoir résumé la théorie du vol des oiseaux, M. R. Soreau commence par établir qu'il y a lieu de suivre le principe fondamental du vol, à savoir : « se soutenir en se propulsant ». Quant aux battements, ils sont nécessaires à l'oiseau, parce que, dans la locomotion aérienne comme dans toute autre locomotion, la nature ne peut utiliser la puissance musculaire qu'avec un propulseur à mouvement alternatif ; au

point de vue de la légèreté, elle avait intérêt à réaliser la propulsion et la sustentation avec un même organe, l'aile. Mais l'Ingénieur, qui doit recourir aux procédés propres à la mécanique, d'ailleurs bien autrement puissants, attribuera ces fonctions à deux organes distincts : l'hélice et la voilure immobile. Au reste, cette voilure peut rendre de grands services, comme le montrent les expériences de M. Otto Lilienthal, dont il faut considérer l'appareil, non comme une machine volante, mais comme un parachute permettant de descendre sans trop de danger suivant un plan incliné.

M. Soreau déclare qu'il laissera de côté les aéroplanes-oiseaux pour étudier tout spécialement les aéroplanes-navires, c'est-à-dire les systèmes capables de transporter des voyageurs dans des conditions suffisantes de sécurité, d'habitabilité et de durée. Ces conditions leur imposent d'être constitués comme des ballons dirigeables, à l'appareil sustentateur près. C'est le résultat auquel on était déjà arrivé en considérant l'aéroplane comme le prolongement du dirigeable quand celui-ci se sera éliminé de lui-même par l'augmentation progressive de la vitesse.

Ce qui séduit dans l'aéroplane, c'est qu'on croit, par la substitution d'un plan sustentateur au ballon, obtenir: 1° une résistance à l'avancement insignifiante ; 2° la possibilité de transporter des charges rapidement croissantes en augmentant la vitesse. Ce sont deux idées absolument fausses. Si l'on considère un dirigeable et un aéroplane dont le poids utile, la vitesse et la durée de trajet soient les mêmes, et qui, par conséquent, soient comparables en tant que navires, la résistance à l'avancement des deux systèmes est analogue et, d'autre part, l'aéroplane présente des difficultés spéciales, dues aux limites très rapprochées entre lesquelles il faut maintenir l'inclinaison de la voilure. A des vitesses plus grandes, ces limites se resserrent encore et rendent plus délicate la réalisation du plus lourd que l'air.

M. Soreau décrit les aéroplanes Maxim, les seuls aéroplanes-navires qui aient été sérieusement étudiés. Il s'attache surtout au générateur; il montre les précautions multiples imaginées par l'inventeur pour éviter le surchauffage et donner une grande souplesse aux moteurs ; puis il établit un parallèle entre la chaudière Serpollet et la chaudière Maxim. Celle-ci est un générateur à haute pression, à vaporisation instantanée, à basse température de parois et à circulation rapide d'une très petite quantité d'eau.

Les insuccès répétés des aéroplanes Maxim sont dus à deux causes principales : 1° stabilité de route insuffisante, cause avouée, mais à laquelle l'ingéniosité des constructeurs arriverait bientôt sans doute à porter remède ; 2° difficulté de maintenir la voilure entre les faibles limites qui lui sont assignées, cause plus grave, car les valeurs de ces limites dépendent essentiellement de l'état industriel, qui ne peut s'améliorer que lentement.

Pour terminer avec les aéroplanes qui ont été construits, M. Soreau indique une disposition ingénieuse imaginée par M. Phillips, et montre qu'il en a été fait une application beaucoup moins heureuse dans le projet patronné et subventionné par la Société des Ingénieurs et des Architectes de Vienne.

En raison de l'heure avancée, il ne développe pas la théorie mathématique de l'aéroplane, théorie qui sera insérée au *Bulletin*.

Il conclut en disant qu'aux vitesses inférieures à 20 *m* environ les ballons dirigeables sont possibles, tandis que les aéroplanes-navires présentent des difficultés considérables, même en supposant résolues les questions de stabilité et de sécurité ; qu'aux vitesses supérieures à 20 *m* les dirigeables ne sont plus possibles et que les aéroplanes deviennent d'une réalisation encore plus problématique qu'aux petites vitesses. Quoi qu'il en soit, dirigeables ou aéroplanes ne pourront jamais marcher aux allures insensées, ni transporter les lourdes charges dont nous parlent maints apôtres de la navigation aérienne. Si de pareils utopistes faisaient loi dans les différentes branches de la science comme en aéronautique, ils justifieraient ces hautains pédagogues qui proclament la banqueroute de la science. M. Soreau ne demande pas tant de merveilles au navire aérien ; il souhaite seulement qu'il donne à notre pays une puissante arme de guerre et un outil précieux dans certains travaux de la paix.

M. le Président remercie M. Soreau de sa très intéressante communication dont l'ampleur magistrale échappe à un examen rapide. Aussi n'hésite-t-il pas à demander à l'assemblée de remettre la discussion annoncée après l'impression du mémoire dans le *Bulletin*. Il pense qu'il y aura également intérêt à renvoyer à la même date et après impression au *Bulletin* la communication de M. E.-L. Surcouf.

L'assemblée approuve cette proposition.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. E.-J. Barbier, P. Bour, G.-E. Breuillard, A. Butin, E.-F. Cousin, G.-E. Deguet, J.-A.-D. Duperchy, H.-A. Durand, A. Dutreux, T. Dutreux, H. de Fontbonne, A. Jolly, H.-E.-L. Joret, A.-A.-L. Lefèvre, G.-E. Majoux, F.-V. Manaut, I. Manoach, Ch.-E.-L. Merville, L.-E. Meunier, H.-A. de Neufville, J.-E. Perret, L.-E. Philippe, M. Pisca et L.-A. Secretant, comme membres sociétaires :

Et de MM. F. Arnal, C.-P. Brigonnet, F. Dreyfus, P.-J. Franck, E.-J. Franck, A.-G. Niclausse et Ch.-F. de Watteville, comme membres associés.

MM. P.-L. Bertin-Mourot, C.-R. Dimas, L.-H. Feret, H. Lorphelin, L.-A. Masure, F.-C. Ollivier, N.-H. Prudhomme, L.-L. Thoret et G. Zweifeil sont reçus comme membres sociétaires :

Et MM. J. Goujon, E. Mercet, S.-S. Merzbach et F. Perier comme membres associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
G. Baignères.

EXPÉDITION FRANÇAISE AU POLE NORD EN BALLON

PAR

M. E.-L. SURCOUF

S'il est un moyen qui semble bien indiqué pour atteindre un but défendu par autant d'obstacles naturels que l'est le Pôle Nord, c'est bien l'expédition aérienne, malgré ses indiscutables aléas. Ce serait certainement une chance, sur laquelle il faut peu compter, de rencontrer, lors d'une première expédition, le vent soufflant exactement du sud, qui ferait passer le ballon précisément au-dessus de l'axe terrestre ; mais cette chance peut se rencontrer si de semblables expériences sont renouvelées. On peut, en tout cas, rationnellement espérer traverser les régions polaires de façon à rapporter sur la configuration et la nature du sol, des indications précises que n'ont pu rapporter jusqu'ici les navigateurs qui ont fait d'énormes dépenses d'énergie pour de bien minimes résultats !

L'expédition que nous allons entreprendre, M. Louis Godard, mon associé, et moi, comporte deux problèmes dont l'étude est également importante :

1° L'étude du voyage au point de vue spécial aéronautique, c'est-à-dire la construction et l'agencement du véhicule permettant de rester en l'air pendant le temps probable de la traversée, en tenant compte de toutes les mauvaises chances dont la principale est l'accalmie plus ou moins prolongée ou plus ou moins accentuée.

2° L'étude des moyens permettant de relever avec une approximation suffisante et la route parcourue, le ou les points d'atterrissage, et aussi éventuellement l'emplacement du Pôle lui-même. Le premier de ces problèmes a, seul, soulevé bon nombre d'objections, quoiqu'il soit pour des constructeurs expérimentés et des praticiens sérieux, à beaucoup près, le plus simple. Parmi ces objections, fort nombreuses, nous allons choisir celles, fort rares, par contre, qui méritent d'être discutées :

C'est folie, dit-on, de prétendre rester quelques dizaines de jours en l'air dans la nacelle d'un ballon non ravitaillé en gaz quand, jusqu'à présent, aucun aéronaute n'a pu tenir sans atterrir, même vingt-quatre heures; on comprend facilement qu'aucune ascension aérostatique n'a, jusqu'à ce jour, nécessité un plus long stage dans l'atmosphère. Les ascensions foraines ne durent généralement que quelques heures. Les ascensions d'amateurs sont des parties de plaisir qui durent une douzaine d'heures au plus, et deviendraient d'inutiles et fatigantes corvées si elles se prolongeaient davantage, et la plupart de nos savants ont trop rarement osé affronter les périls bien imaginaires d'une excursion aérienne, pour qu'il ait été construit, pour eux, des matériels spéciaux permettant de dépasser le temps des plus longs voyages aérostatiques ordinaires.

Le temps moyen des ascensions a du reste parfaitement suffi aux Gay-Lussac, Glaishér, Coxwell, Barrâl, Bixio, Flammarion, etc... pour leurs intéressantes observations. Le public s'épouvante facilement à l'idée que des hommes vont s'enfoncer sur un appareil qui leur semble bien fragile, dans des régions désolées qu'ils croient extraordinairement froides, et cela, avec la seule aide d'une force dont on ne saurait disposer : le vent. Ces craintes sont exagérées; en thèse générale, un voyage dans un ballon bien construit, avec de bons appareils d'arrêt, ne présente pas plus de chances d'accident qu'un voyage en chemin de fer, si même il n'en présente pas moins, car les neuf dixièmes des accidents de ballon sont dus à l'inconcevable ignorance de la plupart des aéronautes civils ainsi qu'à la défectuosité de leur matériel, le plus souvent acheté d'occasion et mal entretenu. En l'espèce, d'ailleurs, le ballon est le véhicule le meilleur et le moins dangereux pour l'exploration de régions défendues par autant d'obstacles naturels que le sont les régions polaires. Qu'importe, en effet, à l'aéronaute que la banquise soit plus ou moins épaisse, qu'il se trouve au delà de cette banquise une mer libre ou chargée de glaçons, que les icebergs se forment, se disloquent ou se soudent!

Comment se comportera, nous demande-t-on, l'aéronef dans ces régions boréales où le froid est si intense que la moindre buée se fige immédiatement en glaçons ? L'étoffe, une fois recouverte d'une carapace de glace ne cassera-t-elle pas ? et en tout cas, vu le cube énorme du ballon, il est à craindre que, par suite des effets alternatifs de la condensation due au refroidissement considérable subi par le gaz, et de la dilatation due aux variations de la pres-

sion atmosphérique, que la formation inévitable d'une couche rigide de glace ne vienne entraver le libre fonctionnement de cette membrane vivante qu'est la peau soyeuse d'un ballon ?

Disons tout d'abord que l'on se fait généralement une idée assez fausse de la température dans les régions polaires, et cela, parce que l'on ne tient pas suffisamment compte qu'il y existe deux régimes climatériques très différents qui durent chacun six mois : celui de la nuit et celui du jour.

Si, pendant le premier, le mercure gèle dans les cuvettes des thermomètres, par contre, pendant la saison diurne, si nous osons nous exprimer ainsi, la température est des plus supportables et ne descend pas sensiblement au-dessous de celles que nous sommes habitués à supporter à Paris. Des observations qui ont été faites au fort Conger, à la terre de François-Joseph et au Spitzberg, il résulte que les températures sont pendant la saison d'été :

Minima — 2°.
Maxima + 11° 5.
Moyenne + 4°.

Nous ne pouvons, de plus, mieux faire que citer le rapport de M. Wellman, l'explorateur américain qui, par deux fois, a tenté d'aller au Pôle, et qui nous a demandé en 1893 de lui étudier un projet d'exploration aérostatique, qui dit dans un passage où il est question de l'état climatérique :

« Je ne saurais, nous a dit M. Wellman, vous exprimer comme je le voudrais, l'impression d'enchantement que j'ai rapportée de cette exploration, car les beautés du Pôle arctique sont inimaginables. Du 2 mai au 14 août, nous n'avons pas eu de nuit, et dans le commencement de l'été, un soleil presque perpétuel.

» Nous n'éprouvions aucune difficulté pour dormir; les tentes que nous disposions sur nos petits bateaux étaient faites d'une étoffe foncée, et j'attribue à cela la fraîcheur relative que nous y goûtions. Il nous arrivait souvent aussi de dormir sur des sacs de couchage, exposés au soleil, et vous serez peut-être surpris d'apprendre que nous n'avons pas souffert du froid. Après le 1er juin, nous ne portions ni gants, ni mitaines, à plus forte raison pas de fourrures.

» La plupart du temps, pour traîner nos bateaux et nos traineaux, nous quittions nos pardessus.

» Je me souviens même d'avoir couché sur la neige sans couverture et vêtu comme je le suis en ce moment à Paris.

» Je vous l'ai dit, à chaque pas les spectacles merveilleux qui s'offrent à la vue font oublier toutes les fatigues. Le long de la côte, la glace est presque unie, mais dans notre voyage à l'intérieur, elle prenait l'aspect d'un assemblage de toits de maisons, dont les flèches et les arêtes transparentes scintillent sous les rayons du soleil, avec des teintes de saphir et de cristal.

» Avant de quitter l'Amérique, j'avais fait part à mes amis de mon intention de me baigner dans les eaux arctiques. Ils n'y avaient pas cru ; aussi pour les convaincre, ai-je apporté des photographies faites par M. Dodge *flagrante delicto*. On m'y voit prenant un bain dans une cavité de la glace, et je vous assure que l'eau était délicieuse ! J'ai pris aussi beaucoup de bains à minuit, le soleil étant dans tout son éclat. »

Quant aux dilatations provenant de la différence de pression barométrique, il n'en faut pas parler puisque tout notre voyage se fera au guide-rope, c'est-à-dire à quelques mètres près, à la même hauteur. Enfin, dans le cas où la partie supérieure du ballon serait recouverte d'une couche de givre, cela ne saurait avoir de bien graves inconvénients, car loin d'être une membrane qui respire, l'enveloppe d'un ballon doit être considérée, une fois gonflée, comme un corps rigide, travaillant sous une pression constante.

On craint aussi, qu'en admettant que nous trouvions bien un courant du Sud qui nous mène au Pôle Nord, nous nous trouvions, une fois là, dans une sorte de remous ou de tourbillon de vent qui ne nous permette pas de revenir, ou même surpris par le calme absolu. Or, à moins de considérer le Pôle comme une sorte de réservoir d'air comprimé et se comprimant de plus en plus, on ne peut pas admettre que des masses d'air s'y portent constamment, y tourbillonnent et n'en sortent point, c'est cette raison logique qui fait que les tourbillons, s'ils sont fixes, sont de peu d'épaisseur, et s'ils sont épais, se déplacent avec une certaine rapidité ; dans le premier cas, nous n'aurons qu'à nous élever pour continuer notre route, et nous démontrerons tout à l'heure qu'à ce moment du voyage, une telle manœuvre nous serait facile ; dans le second cas, le tourbillon serait lui-même notre moteur.

Nous pouvons espérer que le vent sud avec lequel nous comptons partir, voudra bien être constant, pour nous, tout au moins,

qui serons entraînés sensiblement avec la même vitesse que lui, et deviendra au delà du Pôle un vent nord qui nous ramènera en Sibérie ou dans les régions septentrionales de l'Amérique. Il se peut bien aussi qu'au pôle, le régime général des courants aériens présente des particularités analogues à celles que les vents alizés offrent à l'Équateur. On sait que les vents alizés nord-est pour l'hémisphère nord, sud-est pour l'hémisphère sud, forment schématiquement une sorte d'arête de poisson sur la ligne de l'Équateur. D'après la théorie de Mauri, l'air entraîné sur l'Équateur, ne pouvant s'y comprimer, s'élève pour se déverser dans les régions supérieures en nappe de courant dont la direction est inverse de celle des vents alizés près du sol. S'il en était ainsi au Pôle, et que les vents sud existassent à la fois et au Spitzberg et sur tout le 80e degré de latitude, nous n'aurions plus, une fois arrivés au Pôle, qu'à jeter le lest nécessaire pour atteindre une certaine altitude, nous reviendrions alors probablement par la même route suivie pour l'aller.

De tout ce qui précède, il résulte clairement que la neige, qui pourrait sembler être un obstacle sérieux, n'est absolument pas à craindre ; l'état général climatérique démontre suffisamment qu'elle n'est pas à redouter, et que si elle tombait, ce serait neuf fois sur dix pour fondre immédiatement. Ajoutons, pour ceux que hanterait cette crainte, que Peary, Wellman et Nansen n'en ont jamais vu pendant la saison diurne.

Quelles sont donc les difficultés réelles ?

Jetons les yeux sur la carte des régions arctiques qui vient d'être publiée, il y a quelques semaines, par le service hydrographique de la marine. Nous voyons que le Pôle Nord est presque complètement entouré par des terres qui en sont éloignées de 20° en moyenne. Il n'y a que deux solutions de continuité : le détroit de Behring qui sépare les mers polaires de l'océan Pacifique, et le bras de l'océan Atlantique compris entre la Norvège et le Groënland.

En supposant que le ballon soit entraîné exactement sur le détroit de Behring, il y a les plus grandes chances d'y atterrir, car ce détroit a une faible largeur et présente, d'autre part, de nombreuses sinuosités.

S'il est entraîné, au contraire, sur le bras de l'Atlantique, il a encore des chances sérieuses d'atterrir soit au Spitzberg, soit en Islande, soit en Écosse. La probabilité de se perdre en mer est donc, en somme, très petite, et même dans ce cas, si le ballon

tient bien l'air et possède encore une quantité de gaz et de lest suffisante, il a des chances de salut en raison des nombreux passages des navires dans ces régions.

Nous partirons du nord des îles du Spitzberg qui est situé par 80° 4′ de latitude et 19° 50′ environ de longitude est du méridien de Paris, c'est-à-dire à 596 milles de 60 au degré du pôle géographique, à peine 1 100 *km*, la distance par le chemin de fer de Paris à Nice. Du Pôle aux principaux points d'atterrissage (nous désignons ainsi les endroits habités desquels on peut compter sur un rapatriement facile), les distances sont les suivantes :

Au détroit de Behring : 1 224 milles, point le plus éloigné du pôle.

A la terre de Grant, point le plus rapproché : 420 milles. Disons, entre parenthèses, que si nous n'avons pas choisi ce point pour le départ, c'est qu'il n'est accessible après la dislocation des glaces, qu'à une époque trop reculée pour tenter utilement l'exploration.

Distance moyenne du pôle aux points d'atterrissage : 822 milles, ou 1 480 *km* environ.

Le parcours probable de l'exploration aérienne sera donc :

Du Spitzberg au pôle : 1 100 *km*.

Du pôle à l'une des terres habitées (moyenne) : 1 480 *km*.

2 600 *km* en chiffres ronds.

Un grand nombre de personnes qui s'intéressent à notre expédition, nous souhaitent, sans beaucoup d'espoir, de trouver après le vent du sud qui nous conduirait précisément au pôle, un courant contraire du nord qui nous en ramène. Ce serait, indiscutablement, une des circonstances les plus défavorables que nous puissions rencontrer, car, étant donné qu'il faudrait, dans ce cas, que la Providence s'occupât vraiment de nous pour nous faire atterrir au Spitzberg, nous ne trouverions plus de terres qu'à la pointe d'Écosse, c'est-à-dire à 1 800 milles du pôle.

En résumé, on voit que la distance à parcourir ne paraît effrayante que parce qu'il s'agit de contrées inhabitées, et à propos desquelles nous avons lu des relations de voyages qui nous traçaient des tableaux saisissants des souffrances endurées par les navigateurs pendant les hivernages, et que jamais le mot *banquise* n'est prononcé sans l'adjectif *infranchissable;* mais il faut observer que, pour arriver à cette banquise, tous les ans réédifiée, les expéditions maritimes ont dû naviguer pendant tout le temps qu'elle n'était pas encore formée.

Pour nous, point de retards semblables; une fois partis, il nous importe peu que la mer soit libre ou qu'elle ne le soit pas; c'est sur le vent seulement que nous comptons, et si une fois sa direction reste mauvaise avec persistance, nous recommencerons ou nous attendrons. Quant à la distance à parcourir, elle est, pour le ballon polaire, absolument insignifiante, nous allons le démontrer. Comme nous venons de le voir, le trajet à parcourir par le ballon polaire serait, en admettant les moyennes comme probables : 2 600 *km* et au maximum de 3 300 *km*. Et encore ces chiffres se trouveraient diminués si le ballon ne passait pas exactement au-dessus du pôle, ce qui ne nous empêcherait pas de rapporter d'utiles indications.

Avant de continuer cette démonstration, il nous paraît utile de citer deux ascensions de long cours exécutées par nous avec les moyens ordinaires dont on dispose généralement en aérostation.

En 1891, au mois d'octobre, M. Louis Godard part de Prague, en Bohême, dans un ballon de 1 200 m^3 avec trois voyageurs, pour aller descendre à Stettin, sur les bords de la mer Baltique.

Trajet : 550 *km* environ.

Temps : 9 heures.

En 1895, au mois de décembre, je suis parti de Paris, usine de la Villette, avec un ballon de 1 600 m^3, avec un voyageur, pour aller descendre à Friedbourg, en Wurtemberg, près de la frontière du Hanovre.

Trajet : 1 000 *km* environ.

Temps : 14 heures.

Dans de telles conditions, le voyage polaire durerait trois ou quatre jours au plus, en admettant qu'il ne soit retardé par aucun arrêt. Mais il est facile de comprendre que nous ferons tout notre possible pour atterrir plusieurs fois afin de nous livrer à de minutieuses observations permettant de déterminer aussi exactement que possible notre situation. Un trop grand vent qui nous ferait traverser les régions arctiques sans nous permettre d'arrêt nous ferait faire un voyage stérile, s'il nous était impossible de faire notre point, opération très difficile dans la nacelle d'un ballon en mouvement.

Aidés des conseils de M. Poincaré qui s'est obligeamment mis à notre disposition, nous espérons néanmoins arriver à étudier un appareil qui nous permette de résoudre ce difficile problème.

Des nombreuses observations qui ont été faites, tant au fort Conger qu'au Spitzberg, il résulte que la vitesse moyenne des vents de ces régions est de 4,9 *m* par seconde ; leur vitesse maxima 17,5 *m* et, point important, que ces vents soufflent du sud-sud-est ou sud-sud-ouest 771 fois sur 1 000 ; or, M. Angot a calculé que la vitesse moyenne des vents au sol est de 2,24 *m* par seconde, alors qu'au sommet de la Tour Eiffel, cette même moyenne est de 7 *m*.

D'autre part, le commandant Renard a fait plus de 11 000 heures d'observations au moyen d'un anénomètre enregistreur placé à 28 *m* au-dessus du sol du plateau de Châtillon, et ses observations ont parfaitement contrôlé celles de M. Angot.

Nous pourrions donc très bien admettre que nous serons entraînés avec une vitesse plus grande que ne sembleraient le laisser espérer les chiffres que nous venons de citer. Mais, nous allons, malgré cela, admettre une vitesse de 4 *m* par seconde, chiffre inférieur à la moyenne, mais que nous admettons pour faire entrer en ligne de compte les arrêts que nous serons forcés de faire. Notre traversée polaire durerait donc, en admettant le maximum de chemin parcouru, c'est-à-dire la distance qui sépare le Spitzberg du détroit de Behring en passant par le pôle : 220 heures, un peu plus de 9 jours. Et si l'on admet même que le ballon, après avoir atteint le pôle, revienne sur ses pas et s'engage dans l'Océan Atlantique pour aller atterrir en Écosse, le voyage ne durerait encore que 12 jours environ. Au lieu de cela, nous avons étudié notre ballon de façon à pouvoir rester en l'air 60 jours, et encore ce nombre de jours est-il certainement un minimum, car dans ce calcul, comme dans tous ceux que nous venons de vous soumettre, nous avons admis de très larges coefficients de sûreté, laissant pour l'imprévu une part qui ne peut que paraître ridiculement exagérée.

Ajoutons enfin que si, au cours d'un arrêt, nous étions surpris par une tempête dont la direction serait défavorable, notre appareil est raisonné de façon à pouvoir résister au sol au moyen de son haubannage équatorial, à la poussée horizontale d'un vent de 45 *m* par seconde, représentant une pression de 270 *kg* environ par mètre carré, et cela, sans caler nos soupapes automatiques, manœuvre qu'il serait pourtant aisé de risquer dans des contrées où les changements brusques de température sont relativement rares.

A la suite de ce long exposé des difficultés à vaincre, nous

pensons qu'il est bon de vous présenter l'arme qui nous servira à les combattre : notre Ballon :

Construit en soie double, son cube sera de 10 847,156 *m.*
Sa surface : 2 384,482 *m.*
Sa circonférence : 86,551 *m*
Son diamètre : 27,550 *m.*
Surface du grand cercle : 595 *m* environ.

Résistance dynamométrique de chacune des enveloppes :

1 000 *kg* par mètre dans les deux sens.
Pression de rupture : 290 *mm* d'eau.
Pression de réglage des soupapes :
à gaz : 29 *mm* d'eau (ballon)
à air : 27 *mm* d'eau (ballonnet).

Poids du matériel :

Ballon et ballonnet	1 880 *kg*
Filet et ses suspensions, passerelle de quart, cercles (grand et petit), treuil de manœuure et ventilateur pour le ballonnet..	1 525 »
Guide-rope équilibreur, flotteur et câble, ancre et corde d'ancre.	520 »
Nacelle.	625 »
Total . . .	4 550 *kg*
Lest disponible. .	7 450 »
Total . . .	12 000 *kg*

Force ascensionnelle totale : 12 000 *kg.*

En dehors du poids de l'équipage (600 *kg* environ), tout le disponible peut être considéré comme lest de route, quoiqu'il sera composé de vivres, armes, instruments scientifiques, appareils photographiques, canots pliants, ancre de rechange, flotteurs de rechange, en un mot, tout un matériel de rechange ou d'atterrissage qui pourra être jeté comme lest après avoir servi, ou à la fin du voyage, si celui-ci se prolonge au delà des prévisions qui ont été établies d'autre part.

Les vivres ont été prévus pour 120 jours, mais il n'y a pas de raison pour que les provisions ne soient augmentées et remplacent en partie dans la nacelle la cendrée de plomb qui servira de lest.

Ce ballon, tel qu'il est décrit, pourrait, en admettant une perte

journalière de 1 1/2 0/0 du cube, rester en l'air 40 jours en jetant par suite 165 *kg* de lest par 24 heures.

Pour arriver au chiffre de 60 jours, jugé nécessaire, l'équateur du filet sera arrimé de façon à recevoir 12 petits ballons-gazomètres de ravitaillement cubant 250 *m* chacun, et qui, au départ, équilibreront par leur poids d'enveloppe et de système d'amarrage leur force ascensionnelle. En jetant comme lest chacun de ces petits ballons quand il sera vide, ou bénéficiera, par conséquent, de l'effort ascensionnel total des 250 m^3 de gaz qu'il contient, soit pour les douze gazomètres : 3,000 m^3 ou 3,300 *kg*, soit 20 jours de marche supplémentaire.

Pour tous ces calculs, nous avons admis 193 *g* comme poids de l'hydrogène pur qui servira aux gonflements ; c'est, en effet, le poids moyen de l'hydrogène pur obtenu au moyen des générateurs de notre fabrication à circulation continue. Il nous reste à parler du ballonnet et du guide-rope, deux engins dont nous allons faire ressortir toute l'importance pour un semblable voyage qu'il serait fou de vouloir entreprendre sans eux !

Le guide-rope, dont nous devons la première application à Green, un aéronaute anglais, a pris depuis une importance que son inventeur ne semble pas avoir soupçonnée. Il peut être à la fois un équilibreur ou un engin d'arrêt, et sa construction diffère, en semblable occurrence, suivant qu'il est destiné à remplir l'un ou l'autre de ces deux rôles. Si on lui demande de ralentir la marche d'un aérostat après lui avoir servi d'équilibreur pendant le voyage, il doit avoir pour un même poids une section aussi grande que possible pour augmenter sa surface adhérente sur le sol.

Si au contraire, on ne lui demande que d'équilibrer l'aérostat à une faible distance au-dessus du sol, pendant tout le cours d'un voyage que l'on doit effectuer rapidement, il devra alors, sous un même poids, avoir une faible section pour diminuer sa friction sur le sol et retarder aussi peu que possible la marche du ballon.

Dans notre voyage, le guide-rope, en plomb et chanvre, devra donc être compris dans la seconde catégorie que nous venons de décrire; mais il faudra aussi qu'il puisse être muni de flotteurs pour la traversée possible au-dessus de la mer libre ; cas fort probable, s'il faut en croire l'opinion de la plupart des navigateurs, et certain en tout cas, pour la fin du voyage.

M. Andrée, le chef de l'expédition suédoise, avait pensé à une autre utilisation du guide-rope, sur le frottement duquel il comp-

tait pour obtenir un semblant de direction, en munissant son ballon d'une voile qu'il aurait orientée d'un quart dans le vent, si sa direction n'avait pas été franchement nord-sud.

Jusqu'à ce qu'une expérience sérieusement faite vienne confirmer une semblable théorie, nous penserons nous trouver en présence d'un rêve irréalisable. Nous ne saurions, en effet, considérer comme sérieux le semblant d'expérience tenté par M. Strindberg et M. de Fonvielle dans un ballon aménagé d'une façon très rudimentaire, expérience à la suite de laquelle on s'est contenté de nous dire que tout avait été pour le mieux dans le meilleur des mondes, sans apporter aucune preuve ni même aucune donnée sérieuse.

Pour que le tracé de la marche du ballon ramené sur le sol donne une résultante formant un angle quelconque avec la direction du vent, il faudrait se trouver en présence de deux efforts agissant sur le ballon. Ces efforts, M. Andrée et ceux qui l'ont suivi dans cette voie, prétendent les trouver dans le vent, d'une part, et le guide-rope trainant sur le sol, de l'autre. Mais il est bon d'observer que l'effort résultant du frottement du guide-rope sur le sol est fonction et de la force et de la direction du vent; que ces deux efforts ne sont en réalité qu'un et que la voile, dans ces conditions, ne saurait que faire tourner le ballon jusqu'à ce qu'elle se soit elle-même placée dans le plan du vent. Créer un vent relatif comme le fait bien le guide-rope, cela n'est pas suffisant, il faudrait encore empêcher la vergue qui supporte la voile de tourner, et cela constitue un cercle vicieux quand ce point d'amarrage est forcément la nacelle qui fait partie d'un tout qui évoluerait sous le vent à la moindre pression du vent relatif sur la voile !

Mais, si en tout cas, ce dispositif avait dû donner quelque résultat, M. Andrée avait pris les dispositions nécessaires pour les annuler en ne munissant pas son ballon de ballonnet compensateur dont l'importance est toujours très grande, mais qui aurait été absolument indispensable si la théorie de déviation au moyen de la voile imaginée par M. Andrée avait été vraie. Nous le démontrerons plus loin.

Le ballonnet est une sorte de torre s'inscrivant dans la partie inférieure de l'aérostat voisine de l'appendice, lequel est, dans les ballons captifs ou dans ceux destinés à de longs parcours, muni d'une soupape automatique qui s'ouvre sous une pression déterminée du gaz.

Sa fonction, dans les ballons captifs, est d'éviter de remplacer, après chaque ascension, la quantité de gaz qui, sous l'effort de l'expansion provenant de la dépression barométrique, se serait échappée par la soupape d'appendice dont nous venons de parler. A cet effet, le ballonnet est rempli d'air et muni de deux soupapes également automatiques qui s'ouvrent sous l'effort d'une pression légèrement inférieure à celle nécessaire pour l'ouverture de la soupape à gaz; ce dernier ne commencera donc à s'échapper lui-même que lorsque, le ballonnet ayant rejeté tout son air, ses soupapes ne fonctionnant plus, la pression intérieure deviendra suffisante pour provoquer l'ouverture de la soupape du ballon proprement dit;

Dans notre ballon polaire, ce ballonnet aura une capacité de 1 580 m^3 représentant la différence du volume du gaz du ballon entre 760 *mm* de mercure et 630, pression correspondant sensiblement à l'altitude de 1 500 m^3. Dans le cas qui nous occupe, son fonctionnement sera le suivant : les pertes de gaz journalières jusqu'à concurrence de 1 580 *m* ne seront pas compensées, dans le début du voyage, avec le gaz des petits ballons gazomètres, mais bien au moyen du ventilateur du bord remplaçant les quantités de gaz perdues par de l'air envoyé dans le ballonnet.

Il en résulte donc que le dixième jour écoulé, la situation respective des deux fluides sera la suivante :

Gaz dans le ballon :	8 500 *m*	environ;
Air dans le ballonnet :	1 500	—

A partir de ce moment, nous pourrons donc, soit en cas de calme plat, soit en cas de vent contraire, chercher dans les couches supérieures, des courants favorables sans qu'il nous en coûte un atome de notre gaz, j'allais dire une goutte de notre sang!

Cette quantité de gaz perdue aura, il est vrai, coûté en lest un poids égal à son effort ascensionnel, mais ce poids sera récupéré à la fin du voyage ou du moins, dans ses derniers jours, par le transvasement dans le ballon de la moitié du contenu total des 12 ballons gazomètres.

Si les vents restent favorables, et qu'aucune autre raison comme le passage de montagnes de glace élevées, par exemple, ne nous oblige à abandonner la marche au guide-rope, le ballonnet aura encore une très grande utilité en permettant de conserver au ballon sa forme géométrique. Dans ces conditions, le travail de l'étoffe est absolument normal, le vent ne pouvant pas s'engouf-

frer dans les plis que formerait le bas du ballon dégonflé, ne risquera pas de déchirer, après des efforts répétés, l'enveloppe de l'aérostat qui, si solide soit-elle, ne saurait résister à ces claquements continuels qui ont, en 1879, occasionné la perte du magnifique aérostat installé à Paris, place du Carrousel, que son constructeur, notre très regretté collègue Henry Giffard n'avait pas cru devoir munir d'une ballonnet compensateur !

Remarquons, à ce propos que, le ballon polaire, voyageant au guide-rope, peut être, dans une certaine mesure, assimilé à un ballon captif dont le point d'attache au sol serait mobile, tel, par exemple, un ballon militaire transporté captif à une certaine altitude, par son chariot-treuil. On comprendra maintenant facilement que, si le ballonnet pouvait avoir un avantage de plus que ceux que nous venons de décrire, ce serait bien dans le cas où une déviation pourrait être obtenue au moyen d'une voile, cette voile devant, dans cette hypothèse, former avec la direction du vent, un angle moindre que 90° ; mais son effet, s'il devait y en avoir, serait, en tous cas, vite annulé par cette autre voile factice que ne tarderait pas à devenir la poche qui se formerait dans le bas du ballon au fur et à mesure de son dégonflement, si l'on ne pouvait la supprimer au moyen du ballonnet compensateur ou au moyen du remplissage avec le gaz du ballon gazomètre.

Or, M. Andrée ne possédait ni l'un ni l'autre de ces engins. C'est peut-être, après tout, qu'il comptait sur l'imperméabilité absolue de son ballon. Les causes de son échec de l'année dernière prouvent trop, hélas ! qu'il a fallu en rabattre et beaucoup, puisque son ballon, déjà trop petit, perdait une telle quantité de gaz que M. Echolm, le météorologiste de l'expédition, a refusé nettement de s'embarquer dans un aérostat qui partait bien difficilement, mais qui serait revenu, sans doute, bien plus difficilement encore ! Il faut bien dire qu'il a été des mieux avisés, car les risques d'une semblable entreprise sont suffisants, quand tout le possible est prévu, pour que l'on n'en crée pas bénévolement !

L'explorateur suédois ne se tient pas pour battu, et avec une persévérance vraiment digne d'admiration, il a sollicité et obtenu de nouveaux fonds pour recommencer sa tentative.

La prochaine expédition de M. Andrée aura-t-elle plus de succès que la première? Tout dépendra des modifications qu'il apportera à son matériel ; mais il n'apparaît pas, jusqu'ici, que ses conseils soient disposés à l'éclairer sur ces modifications. Outre celles que nous avons indiquées, il en est une qui paraît s'imposer. La sou-

pape supérieure a été remplacée par deux soupapes latérales sous le prétexte bizarre que si, par aventure, le fonctionnement des soupapes laissait à désirer, on ne perde que la moitié du gaz. Tout d'abord, le fonctionnement d'auxiliaire aussi indispensable que la soupape ne doit jamais laisser à désirer et, en particulier, pour un voyage de longue durée. Ensuite, le ballon de M. Andrée aurait été désemparé, qu'il fût complètement vide ou qu'il n'eût perdu que la moitié de son gaz, attendu qu'il emportait pour un volume de 4500 *m*, 1300 *kg* seulement de lest disponible.

Des longs préliminaires qui précèdent, il résulte que la grosse difficulté technique réside dans l'imperméabilité du ballon; ce qui va suivre vous démontrera, je pense, que de ce côté, tout au moins, nous pouvons considérer la solution favorable comme acquise et bien acquise. Nous avons depuis peu de temps réalisé, dans la construction des ballons, de très sérieux progrès sous tous rapports, mais tout particulièrement sous celui de l'imperméabilité que nous avons toujours considérée comme le facteur le plus important, et cela, grâce aux vernis spéciaux que nous fabriquons et employons dans nos ateliers du Champ-de-Mars, et qui nous ont permis d'obtenir des résultats dont nous allons vous citer quelques exemples. En 1893, cinq ballons militaires (type normal), construits par nous pour la Compagnie des aérostiers italiens, ont subi aux épreuves de réception une perte de gaz qui n'a pas dépassé 0,6 0/0 du cube par 24 heures.

En 1895, un ballon captif civil, cubant 3000 *m* et qui est resté gonflé consécutivement pendant cinq mois et demi, a subi une perte moyenne de 1 0/0 du cube par 24 heures; dans ce chiffre sont même comprises les pertes subies par suite des fluctuations barométriques ou thermométriques.

En 1896, un autre ballon captif civil, construit pour l'Exposition de Budapest, a accusé une perte journalière de 0,88 0/0 du cube par 24 heures.

Encore faut-il tenir compte que, pour ces deux derniers aérostats, les chiffres indiqués ont été obtenus en se basant sur la quantité d'acide sulfurique dépensée au cours de l'exploitation en prenant pour base du calcul la quantité dépensée par mètre cube, lors du gonflement initial; il est pourtant certain que le rendement de l'acide sulfurique est beaucoup meilleur lorsque l'on fabrique de l'hydrogène pur pendant 30 heures consécutives, que lorsque l'appareil est mis tous les jours en marche, pour un ravitaillement de 25 ou 30 m^3.

Il est bon d'ajouter aussi que les ballons dont nous venons de parler, étaient construits en une seule épaisseur de soie, alors que celui que nous avons étudié pour l'exploration au Pôle Nord, serait composé de deux épaisseurs de la même étoffe, deux ballons en quelque sorte cousus et vernis séparément et réunis, c'est-à-dire mis l'un dans l'autre, seulement au moment du gonflement.

A ce propos, disons de suite qu'il y a, au point de vue de l'imperméabilité, un avantage énorme à procéder comme nous venons de le dire, plutôt que de construire tout simplement un ballon en soie double. Dans ce dernier cas, on a tout simplement un ballon offrant, une résistance double, mais dont la perméabilité n'est pas sensiblement diminuée; tandis qu'en mettant deux enveloppes vernies chacune, comme si elles devaient former un ballon séparé, l'une dans l'autre, l'expérience a démontré que l'imperméabilité se trouvait considérablement augmentée. On pouvait même espérer, avant les essais très suivis auxquels nous avons procédé, que le second ballon, c'est-à-dire l'enveloppe extérieure, ne perdrait, par exemple, que 1 0/0 de la quantité de gaz que la première enveloppe avait laissé échapper,

soit : $$\frac{1}{100 \times 100},$$

c'est-à-dire, un dix-millième du cube total, perte qui pourrait permettre de considérer le ballon comme absolument imperméable. Pour ces essais, nous avons construit un appareil qui nous permet de mettre sous pression les tissus dont on veut essayer l'imperméabilité. Un même tissu a été ainsi essayé sous les deux formes indiquées ci-dessus.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Tissu double réuni par la couture avant le vernissage soumis à une pression de 2 *kg* par centimètre carré.

Perte de pression en 24 heures : 1,090 *kg*.

Deux tissus de même étoffe que ci-dessus cousus et vernis séparément, soumis une fois superposés à une même pression de 2 *kg*.

Perte de pression en 24 heures : 210 *g*, cinq fois moindre que dans le cas précédent. En prenant ce rapport entre les deux modes de construction pour exact et en l'appliquant aux chiffres des pertes indiquées plus haut, on pourrait donc admettre que le ballon projeté pour notre expédition ne perdrait que 0,176 0/0 de son cube de gaz par 24 heures, c'est-à-dire qu'il mettrait pour se vider entièrement, en supposant que les surfaces intéressées

par le gaz ne changeassent point, non plus que la pression, 568 jours, alors que le premier serait dégonflé en 113 jours. On comprendra difficilement, après cela, que M. Andrée, chef de l'expédition suédoise, qui a échoué l'année dernière, ait adopté le premier et non le second système de construction. Pour être plus sûrs de réussir, nous avons admis, dans les études du ballon polaire, un coefficient de sûreté énorme, puisque nous prévoyons une perte journalière de 1/2 0/0 du cube par 24 heures, comme nous l'avons dit tout à l'heure.

Ce qui précède démontre suffisamment, pensons-nous, la possibilité absolue de rester un nombre déterminé de jours en l'air et que, pour une semblable expédition, on doit simplement prendre pour base du problème le nombre de jours nécessaire au voyage, c'est le cube du ballon qui en découle, si ce ballon, toutefois, est sérieusement étudié et exécuté.

Pour en terminer avec la partie aérostatique, nous croyons intéressant de mettre sous vos yeux les poids totaux à transporter au Spitzberg pour une semblable expédition : le gaz hydrogène sera produit, comme nous l'avons déjà dit, par nos générateurs à marche continue.

Nous devrons fabriquer les quantités suivantes :

10 900 m^3 pour le ballon;

3 000 m^3 pour les douze ballons gazomètres;

4 000 m^3 pour remplacer les pertes à raison de 1/2 0/0 du cube par 24 heures, permettant, après le gonflement, d'attendre pendant 20 jours les vents favorables, soit, au total, près de 18 000 m^3.

Par suite, le poids total du matériel à transporter au Spitzberg sera de :

Acide sulfurique.	180 000 *kg*
Fer en tournure.	70 000
Appareil à gaz.	4 000
Matériel aérostatique et les accessoires.	14 000
Bois et matériaux pour les constructions sur place	10 000
Logement de l'acide et emballages. . .	22 000
Au total.	300 000 *kg*

En dehors des difficultés techniques, une autre, d'un ordre tout différent, réside dans la détermination suffisamment exacte

des coordonnées géographiques de plusieurs points de la route suivie. Si cette difficulté n'intéresse pas, comme la première, la sécurité de ceux qui nous accompagneront et la nôtre, elle n'en demande pas moins à être résolue avec un soin égal; car si des vents particulièrement favorables nous faisaient passer précisément au-dessus du Pôle : il serait au moins plaisant que nous n'en sussions rien!

Je me vois malheureusement obligé par l'heure de traiter cette question plus succinctement que la première.

Tout d'abord je dois rappeler deux des formules les plus usitées pour la détermination de la latitude, la longitude étant connue par la conservation de l'heure vraie de Paris :

Pour une seule hauteur méridienne, la déclinaison de l'astre D étant connue et h étant égal à H, la hauteur de l'un des bords du soleil observée au-dessus de l'horizon, moins les corrections relatives au demi-diamètre apparent, à la réfraction et à la parallaxe,

on a : $$l : 90^\circ \pm D - h.$$

$+$ si la déclinaison, donnée par les tables, est du côté du pôle élevé — si elle est du côté opposé.

Pour l'observation d'une étoile circompolaire (choix facile dans notre cas, puisque pour l'observateur des régions polaires toutes les étoiles sont circompolaires) à son double passage au méridien h et h' étant les résultats respectifs de chacun des passages de l'étoile au méridien r et r' les réfractions correspondantes qui sont données par des tables en usage dans la marine.

On a : $$l = \frac{1}{2}\left(h + h' - r - r'\right).$$

Mais ces deux méthodes offrent pour nous d'assez grandes difficultés d'application : je vais essayer de le démontrer :

Il semblerait pourtant découler d'un examen superficiel de la question que la détermination du point est pour nous chose plus facile que pour le marin : puisque si nous sommes au Pôle, la latitude seule nous intéresserait; il serait en effet bien indifférent de savoir quel méridien nous aurions suivi, pour atteindre ce but tant convoité!

Cela ne serait malheureusement exact que si nous restons au Pôle; mais nous devons, on le comprendra facilement, déterminer

notre route et notre position, même si nous traversons seulement les régions inexplorées sans passer par l'axe même.

Il est vrai, au contraire, que la solution de ce problème sera pour nous beaucoup plus délicate que dans la navigation maritime. C'est ainsi qu'il faut rejeter tout d'abord, les procédés de mesure où les marins ont recours à l'estime, car s'ils peuvent apprécier leur vitesse avec le loch et leur direction avec la boussole, il nous est à peu près impossible de savoir la longueur du chemin parcouru par le ballon ni sa direction entre deux observations astronomiques.

Il n'est pas jusqu'aux propriétés géographiques des régions que nous allons parcourir, qui ne soient un obstacle à la précision des observations : Variations sensibles de la longitude pour une faible variation de la distance kilométrique ; difficulté de se rendre compte dans le voisinage immédiat du Pôle, si la longitude est orientale ou occidentale, puisque l'on peut se déplacer sur le même grand cercle sans pouvoir dire si le méridien est 0° ou 180°, par exemple. De sorte qu'il sera assez délicat, à moins de faire de successives observations, de savoir si l'on se rapprochera ou s'éloignera du pôle.

Le point seul pourtant nous permettra de nous rendre compte de la route suivie.

Le pilote marin, quand il a fait le point, gouverne jusqu'à l'observation suivante, de façon que l'axe du navire fasse avec l'aiguille de la boussole un angle déterminé. De la sorte il sait sensiblement où il va, et presque certainement avec quelle vitesse. En ballon rien de pareil, car pendant quelque temps encore, jusqu'à ce que nos ballons soient dirigeables, la boussole ne sera dans nos nacelles qu'un objet de fantaisie.

Mais ce jour-là même elle ne servirait à rien dans une expédition comme la nôtre, puisque c'est le pôle magnétique, et non le pôle géographique, qu'elle indique !

Donc, pour les observations solaires, nous nous trouvons en présence de la difficulté de tenir compte, d'une façon précise, de la réfraction, et surtout de nous mettre à l'abri des erreurs provenant des phénomènes de déformation qui sont particulièrement accentués dans les régions polaires.

La double observation d'une étoile présente, de son côté, deux difficultés, matérielles, il est vrai, qui ne manquent pas de nous préoccuper.

Pouvons-nous en effet répondre, — et qui le pourrait à notre

place? — de pouvoir rester stationnaires pendant douze heures pour chaque observation. Si le vent est favorable, soit à l'aller, soit au retour, et à quelle tentation ne devons-nous pas résister pour ne pas nous laisser entraîner par ces masses d'air qui, dans le premier cas, nous assureraient le succès, et dans le second, le salut?

En admettant même ce stage d'une journée entière, il nous faudra encore nous munir de sextants dont la lunette permette la visée des étoiles pendant que brille l'astre pour qui, seul, ils ont été jusqu'ici construits!

Nous devons enfin nous préoccuper de pouvoir faire notre point dans la nacelle, s'il nous était impossible d'atterrir, au-dessus de la mer libre, par exemple. La question ainsi posée est, malgré tout, sur le point d'être résolue par les constructeurs auxquels nous avons confié, et nos inquiétudes et le résultat de nos études.

Vous partagerez notre confiance, quand je vous aurai dit que notre illustre maître Poincaré veut bien nous aider de ses conseils, et pas plus que moi, maintenant, je pense, vous ne douterez qu'il me sera possible de vous donner, à notre retour, un récit intéressant et scientifique de notre voyage.

ESSAI

SUR LA

DÉTERMINATION DE LA FORME DE MOINDRE RÉSISTANCE

à l'avancement des bateaux sous-marins

PAR

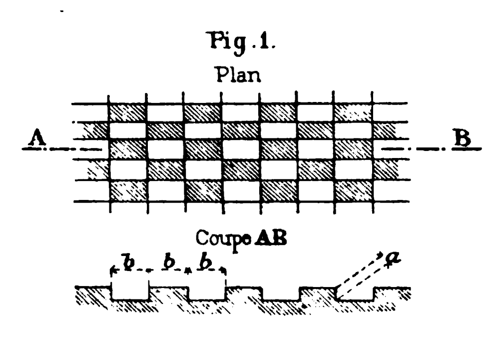
M. F. CHAUDY

On sait que notre Collègue, M. R. Soreau, a expliqué la « forme en cigare » donnée aux ballons dirigeables par les officiers de Chalais-Meudon en faisant remarquer que c'est de cette forme que se rapproche celle des oiseaux et aussi celle des poissons.

C'est une étude un peu plus serrée de cette question, que je vais exposer dans cette note. J'examinerai seulement le cas du bateau sous-marin; le cas du ballon dirigeable présente une analogie telle avec celui-là qu'il semble inutile de s'y arrêter.

Du coefficient de frottement de l'eau contre la paroi du bateau.

Il faut d'abord que je commence par donner une idée du *coefficient de frottement* de l'eau contre la paroi solide du bateau. Pour se faire l'idée de ce coefficient, il suffit de raisonner comme je l'ai fait dans ma note sur le *frottement des fluides contre les surfaces solides* (1). La paroi solide du bateau est caractérisée algébriquement par la hauteur *a* des aspérités qu'elle présente et par la longueur *b*, estimée suivant la direction du mouvement relatif de l'eau par rapport à la paroi, des mêmes aspérités (*fig. 1*).



(1) Voir le *Bulletin* de juillet 1896.

Soit p la pression du liquide sur la paroi, par unité de surface. Pour une surface $b \times c$, la pression sera :

$$pbc,$$

et, si on estime le travail de frottement pour un avancement b, ce travail sera, en désignant par φ le coefficient de frottement :

$$pbc \,.\, b\varphi = pb^2c\varphi.$$

Or, d'autre part, le travail perdu ou travail de frottement, est représenté encore par :

$$\frac{pbc}{2} \,.\, a.$$

On peut donc écrire :

$$pb^2c\varphi = \frac{pbc}{2} \,.\, a;$$

d'où on tire :
$$\varphi = \frac{1}{2} \,.\, \frac{a}{b}.$$

On se rappelle que, pour la fonte neuve, j'ai trouvé, en comparant ma formule de l'écoulement des liquides avec celle de Darcy, que le coefficient $\frac{a}{b}$ avait pour valeur approchée 0,02. Ainsi, pour la fonte neuve, le coefficient de frottement a pour valeur $\varphi = 0{,}01$ environ. On voit que c'est une valeur très faible. Je viens de parler de la fonte, parce que je pouvais citer pour elle un chiffre déterminé. La paroi du sous-marin est en fer et le coefficient de frottement qui convient à cette paroi est, lui aussi, très faible. Lorsqu'on voudra le calculer, il faudra faire des expériences d'écoulement d'eau dans une conduite en fer, desquelles on déduira la valeur de α entrant dans la formule de Darcy, en identifiant les résultats donnés par cette formule avec ceux fournis par les expériences. Ce qu'il suffit de retenir, dès maintenant, c'est que le coefficient de frottement de l'eau sur le fer n'est que de 1 ou 2 centièmes au plus, car il ne peut différer beaucoup de celui de l'eau sur la fonte.

Remarque importante. — Dans le cas de l'eau circulant dans une conduite, il y a non seulement le frottement du liquide contre la paroi solide, mais encore le frottement des molécules fluides les unes contre les autres. La formule du travail de frottement due à Darcy :

$$\mathfrak{T} = 4\delta QU^2\alpha \frac{l}{d},$$

dans laquelle α a la valeur suivante pour la fonte neuve :

$$\alpha = 0,000507 + \frac{0,00001294}{d},$$

fait ressortir que la part de travail due au frottement exclusif du liquide sur le solide est de :

$$\mathfrak{T}_1 = 4\delta QU^2 \frac{l}{d} \times 0,000507 \qquad [1]$$

$$= \delta\pi dU^3 l \times 0,000507,$$

car il est bien évident que cette part doit être simplement proportionnelle au diamètre de la conduite ou peu s'en faut.

C'est cette part de travail que j'ai mise sous la forme :

$$\mathfrak{T}_1 = \frac{\delta}{g} QU^2 \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{l}{d}, \qquad [2]$$

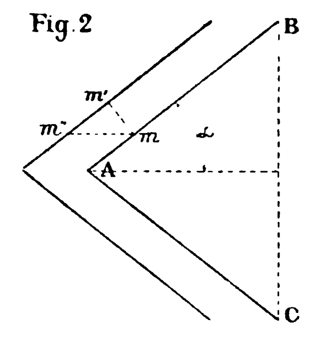
et c'est en égalant entre elles les expressions [1] et [2] que l'on trouve :

$$\frac{a}{b} = 0,02.$$

Quant à la part de travail due au frottement des molécules liquides les unes contre les autres, on peut la regarder comme faible à côté de la première, dont l'influence se fait considérablement plus sentir, *ainsi que cela résulte des chiffres ci-dessus* (1).

Résistance de la proue.

Nous allons supposer que la proue a la forme d'un cône de base circulaire BC (*fig.* 2). En avançant, un point m de la paroi vient en m'', tandis que la molécule d'eau en contact vient en m' sur la perpendiculaire en m à la génératrice AB. Le travail résistant se compose ainsi de deux termes.



Premier terme. — Soit h la hauteur du liquide, pesant δ au mètre cube, au-dessus du sommet A du cône. Supposons un déplacement $mm'' = v$ et désignons par α le demi-angle au sommet du cône.

(1) Ces parts de travail sont entre elles dans le rapport $\dfrac{\frac{0,00001294}{d}}{0,000507} = \dfrac{0,0255}{d}$.

On a : $$mm' = v \sin \alpha.$$

La pression sur la proue par unité de surface étant δh, si nous appelons enfin r le rayon constant de la base du cône, nous aurons, pour le travail de cette pression :

$$2\pi r \cdot \frac{r}{\sin \alpha} \cdot \delta h \cdot v \sin \alpha,$$
$$= 2\pi r^2 \delta h v.$$

C'est le premier terme du travail résistant de la proue. On voit qu'il est le même quelle que soit l'angle α, c'est-à-dire que, quelle que soit la finesse de la proue, cette première partie du travail résistant est constante.

Deuxième terme. — Ce terme est donné par le travail de frottement dû au déplacement du liquide de m'' en m'. L'effort de frottement est représenté par :

$$2\pi r \cdot \frac{r}{\sin \alpha} \delta h \varphi,$$

et, puisque : $$m''m' = v \cos \alpha,$$

le travail est de :

$$2\pi r \cdot \frac{r}{\sin \alpha} \cdot \delta h \varphi \cdot v \cos \alpha.$$

En réalité, à cause de l'effort de frottement même, une molécule liquide parcourt un chemin inférieur à $m''m'$, soit $k \times m''m'$, avec $k < 1$.

Le deuxième terme du travail résistant est donc représenté par :

$$2\pi r^2 \delta h \varphi v k \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}.$$

On voit de suite que ce terme est minimum pour $\alpha = 90°$. Mais il faut remarquer que si α avait cette valeur, il s'ensuivrait $m''m' = 0$. Le liquide serait donc supposé immobile, alors que nécessairement il se meut le long des génératrices pour passer de l'avant à l'arrière du bateau. On ne peut donc faire monter α jusqu'à la valeur 90°. Mais la conclusion que l'on tire de cette étude est que l'angle α doit être assez grand, sans atteindre la limite à partir de laquelle le liquide ne pourrait passer sans grand remous de l'avant à l'arrière.

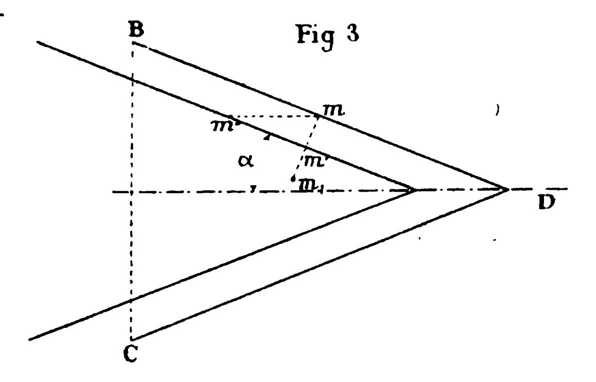
En fait, la résistance de la proue comprend un troisième terme : le travail de frottement des molécules liquides les unes contre les

autres. Nous négligeons ce troisième terme à côté du second, mais ceci ne peut se faire, précisément, qu'à la condition que les remous de l'eau ne seront pas trop forts, c'est-à-dire que l'angle α ne sera pas voisin de 90°.

On peut dire, en somme, que, par le deuxième terme de travail, la proue doit être très obtuse et que, par le troisième terme, elle doit être plutôt aiguë. Le deuxième terme ayant plus d'influence que le troisième (1), c'est la forme obtuse qui convient le mieux.

Résistance de la poupe.

La poupe est un cône accolé par sa base BC au cône de proue.



Soit v la vitesse d'avancement du bateau et prenons $mm' = v$ (*fig. 3*). Si on a :

$$mm' = \sqrt{2gh},$$

la pression sur la poupe sera nulle; le liquide suivra la paroi sans la presser. Si on a :

$$mm' > \sqrt{2gh},$$

il se formera un vide entre la paroi solide et le liquide, vide dans lequel se formeront des remous entraînant beaucoup de perte de force. Tout au moins faut-il donc que l'on ait :

$$\sqrt{2gh} = v \sin \alpha,$$

c'est-à-dire pour $h = 10\,m$ et $v = 20\,m$:

$$\alpha = 44°27'20'', \text{ soit } 45° \text{ en nombre rond.}$$

(1) C'est à prévoir puisqu'il en est ainsi déjà pour l'écoulement de l'eau dans les conduites.

Ainsi, pour $h = 10\,m$ et $v = 20\,m$, l'effort résistant se réduit à celui de la proue si on fait à la poupe $\alpha = 45°$. En faisant cet angle plus grand, on n'aurait pas encore de pression sur la poupe, mais des remous qu'il faut chercher à éviter. En faisant l'angle plus petit, au contraire, il s'exercera sur la poupe un certain effort venant en diminution de l'effort résistant exercé sur la proue. La question qui se pose est celle-ci : quel est l'angle de poupe le plus convenable pour avoir le maximum de travail moteur sur cette poupe?

Ce travail moteur comprend deux termes, le premier positif et le second négatif.

Premier terme. — Il est entendu que l'on a:

$$\sqrt{2gh} > v \sin \alpha.$$

Lorsque le bateau s'est avancé de v, m serait venue en m_1, tel que $mm_1 = \sqrt{2gh}$ si la paroi n'avait pas arrêté cette molécule m. La pression sur la paroi résulte donc d'une vitesse $m_1m' = \sqrt{2gh} - v \sin \alpha$ donnée au liquide. Cette pression est donc de:

$$\frac{(\sqrt{2gh} - v \sin \alpha)^2}{2g}.$$

Son travail est, par suite, exprimé par:

$$2\pi r \,.\, \frac{r}{\sin \alpha} \,.\, \frac{(\sqrt{2gh} - v \sin \alpha)^2}{2g} \,.\, v \sin \alpha$$

$$= 2\pi r^2 \,.\, \frac{(\sqrt{2gh} - v \sin \alpha)^2}{2g} \,.\, v.$$

Deuxième terme. — Le frottement du liquide a lieu de m'' en m', ou mieux, sur une longueur $k \times m''m'$ avec $k < 1$. Son travail est exprimé par:

$$2\pi r \,.\, \frac{r}{\sin \alpha} \,.\, \frac{(\sqrt{2gh} - v \sin \alpha)^2}{2g} \,.\, \varphi k v \cos \alpha$$

$$= 2\pi r^2 \,.\, \frac{(\sqrt{2gh} - v \sin \alpha)^2}{2g} \,.\, \varphi k v \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}.$$

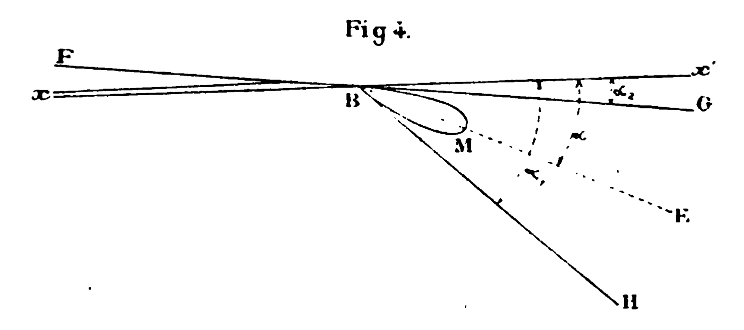
En résumé, le travail moteur sur la poupe, travail qui vient diminuer le travail résistant sur la proue, a pour expression:

$$2\pi r^2 v \,\frac{(\sqrt{2gh} - v \sin \alpha)^2}{2g} \,.\, \left(1 - \varphi k \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}\right).$$

On voit que ce travail est nul, non seulement lorsque α annule $\sqrt{2gh} - v \sin \alpha$, mais encore lorsqu'il annule $1 - \varphi k \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$.

Comme φ est très petit et que k est voisin de l'unité, on voit que la valeur de α annulant $1 - \varphi k \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$, c'est-à-dire celle qui donne $\text{tg}\ \alpha = \varphi k$, on voit, dis-je, que cette valeur est toujours très petite. D'ailleurs, pour $\alpha = 0$, le travail est négatif et infini.

Traçons une horizontale xx' (*fig. 4*), et menons deux droites



BH et FBG faisant, la première, un angle α_1 avec xx', et la seconde un angle α_2; α_1 satisfait à l'équation :

$$\sqrt{2gh} - v \sin \alpha = 0;$$

et α_2 à :

$$\text{tg}\ \alpha = \varphi k.$$

La courbe représentative du travail moteur sur la poupe sera formée par une boucle BM tangente en B à BH et à BG et par une partie Bx tangente en B à FG et asymptote vers x à xx'.

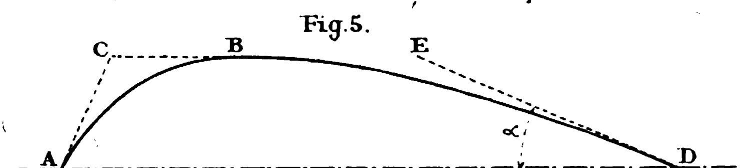
Pour que le travail positif soit maximum, il faut que la génératrice de poupe soit BE, inclinée sur l'horizontale d'un angle α. BE est sensiblement la bissectrice de l'angle GBH, c'est-à-dire, puisque α_2 est toujours très petit, sensiblement la bissectrice de l'angle x'BH. En d'autres termes, pour $h = 10\ m$ et $v = 20\ m$, il faudrait prendre $\alpha = 22$ à $23°$, c'est-à-dire qu'il faudrait donner à la poupe une forme aiguë.

Résumé.

En résumé, le lecteur a pu se rendre compte que la détermination rigoureuse de la forme de moindre résistance d'un sous-

marin est liée en partie à la connaissance du travail perdu par suite du frottement des molécules liquides les unes contre les autres. On ne peut estimer mathématiquement la valeur de ce travail, car on ne connaît pas la quantité d'eau qui se meut autour du bateau. Mais il est établi que c'est uniquement pour permettre à l'eau d'avant de prendre sa place à l'arrière sans trop de remous qu'on est dans la nécessité de faire la proue en pointe. Il n'est donc pas utile de faire cette pointe exagérée ; il suffit que les tangentes AC et BC fassent entre elles un angle modérément obtus *(fig. 5)*.

Fig. 5.



Au contraire, pour la poupe, il faut, *en général*, que la tangente DE fasse avec l'axe du bateau un angle α assez aigu pour que la somme algébrique des travaux dus à la pression (travail moteur) et au frottement du liquide sur la paroi du bateau (travail résistant) soit maximum et positive, c'est-à-dire, en un mot, pour que le travail résistant total soit minimum.

L'angle α ci-dessus doit être sensiblement la moitié de celui qui satisfait à l'équation :

$$\sqrt{2gh} = v \sin \alpha.$$

C'est donc la racine de l'équation :

$$\sqrt{2gh} = v \sin 2\alpha.$$

On comprend dès lors que l'angle de poupe peut être égal à l'angle de proue pour certaines valeurs de h et de v. C'est dire qu'on peut avoir intérêt à donner au bateau une forme symétrique, avec proue et poupe également allongées.

L'équation montre encore :

1° *Qu'à tirant d'eau constant, la poupe doit être d'autant plus allongée que la vitesse du bateau est plus grande ;*

2° *Qu'à vitesse du bateau constante, la poupe doit être d'autant plus allongée que le tirant d'eau est plus faible.*

En un mot, la forme symétrique et la forme dissymétrique ne sont pas absolues. On doit adopter l'une ou l'autre, selon les valeurs moyennes qu'on a le projet d'attribuer à h et à v.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

RÉSUMÉ

par M. ZIFFER

D'UNE CONFÉRENCE DE M. V. WANDRUSKA

Ingénieur en chef de la " Elektrizitæts-Gesellschaft FELIX SINGER & Cie "

SUR

L'APPLICATION DU SYSTÈME WALKER

AUX TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

M. Wandruska commence sa conférence en citant les travaux importants et les résultats obtenus dans le domaine de la traction, qui apparaissent comme un des caractères principaux du siècle, et considère cette question intéressante à deux points de vue différents.

D'un côté, nous constatons les efforts de l'industrie pour l'établissement d'appareils et de machines de plus en plus perfectionnés; d'un autre côté, c'est principalement la population, et, en particulier, celle des deux plus grandes villes de l'Europe centrale, Vienne et Berlin, qui réclame la traction électrique avec une persistance opiniâtre.

Ensuite, l'orateur discute et démontre, par des chiffres, les causes de la position avantageuse que prend la traction électrique vis-à-vis des autres modes de traction, donne un historique du développement de la construction des moteurs jusqu'à leur forme actuelle, et décrit, à l'aide de nombreux dessins, un moteur original Walker d'une puissance de 25 *ch*.

Les conditions que l'on reconnait généralement aujourd'hui comme étant nécessaires au bon fonctionnement d'un moteur de tramway, ont été tout spécialement prises en considération pour la construction d'un moteur Walker. Tout en présentant les détails de construction du moteur, le conférencier énumère les

principaux avantages de ce système, soit : la suspension diminuant les secousses au démarrage, la résistance pour un poids minimum, l'accessibilité, la protection des organes du mécanisme, la facilité de remplacer les organes susceptibles d'usure, l'impossibilité à l'huile et à la graisse de pénétrer à l'intérieur du moteur, l'isolation, la marche silencieuse, l'induit dont les spires peuvent être remplacées facilement, les spires des inducteurs enroulées mécaniquement, le collecteur dont l'usure doit s'opérer régulièrement sur toute la périphérie, le porte-charbons composé de deux parties seulement, l'appareil de mise en marche encombrant très peu la plate-forme, fermé hermétiquement et facilement accessible, enfin, les générateurs dont toutes les parties sont absolument stables et résistantes.

La conférence s'étend ensuite aux différents types de moteurs dont la puissance, le rendement et l'effort de traction se lisent sur les diagrammes présentés; les moteurs de 50, 75 et 125 *ch* sont construits spécialement pour l'application de la traction électrique aux chemins de fer vicinaux. Deux moteurs de 125 *ch* sont capables de remorquer cinq voitures sous charge sur voie normale et en palier à la vitesse de 65 *km* à l'heure.

Relativement à la description de l'équipement des voitures motrices, l'appareil de mise en marche est présenté au point de vue de sa fabrication et de ses avantages pratiques; sa construction ne rappelant en rien les autres systèmes, son maniement simple et sûr attirent l'attention des auditeurs.

La description du conférencier concernant un nouveau mode de prise de courant construit par la Compagnie Walker, en Amérique, est d'un intérêt tout particulier; cette construction offre, en effet, tous les avantages de la poulie de contact et permet le mode de suspension caractéristique du fil de trolley appliqué dans le cas de l'emploi du cadre.

La conférence, très intéressante, d'ailleurs, et écoutée par un nombreux auditoire, se termine par une description sommaire des machines dynamo-électriques, système Walker.

CHRONIQUE

N° 206.

SOMMAIRE. — Le matériel de chemins de fer à l'Exposition de Nüremberg en 1896 (*suite et fin*). — Machines à vapeur pour laminoirs réversibles. — Effet des retarders dans les tubes de chaudières. — Transmissions par cordes. — Un combustible américain. — Arbres forgés creux.

Le matériel de chemins de fer à l'Exposition de Nüremberg en 1896 (*suite et fin*). — 6° La maison Krauss expose encore une locomotive-tender pour les lignes d'intérêt local à voie normale des chemins de fer de l'État bavarois, à la série D, XI desquels elle appartient. Cette machine n'est pas du système compound, elle est à deux cylindres égaux, extérieurs et très légèrement inclinés sur l'horizontale. Ces cylindres ont 375 *mm* de diamètre et 0,508 *m* de course. Il y a quatre essieux dont trois accouplés avec roues de 0,995 *m* et le quatrième porteur avec roues de 0,790, placé à l'arrière et porté par un bissel dont le prolongement vers l'avant et sous le foyer donne un déplacement transversal au dernier essieu accouplé. Cette disposition, spéciale à la maison Krauss, rappelle en principe le balancier Beugniot, avec cette différence que celui-ci ne conjuguait que des essieux ayant tous les deux un déplacement transversal.

L'écartement des essieux accouplés est de 2,80 *m* et l'écartement total de 4,90 *m*. Les tiroirs sont placés sur les cylindres avec une inclinaison en travers et la tige horizontale; celle-ci est actionnée par une distribution Walschaerts qu'on désigne, comme on sait, en Allemagne sous le nom d'Heusinger von Waldegg, et présente cette particularité que la coulisse est rectiligne d'après une disposition propre à la maison Krauss et due, croyons-nous, à son Ingénieur en chef, M. Helmholz.

La chaudière, au timbre de 13 *atm*, a 1,20 m^2 de surface de grille et 67,25 m^2 de surface de chauffe en contact avec l'eau. Les caisses à eau, placées en partie sous la chaudière entre les longerons et en partie sur les côtés du corps cylindrique, contiennent 4 300 *l* d'eau, et les soutes à charbon 1 600 *kg* de combustible. La machine est munie d'un frein à main, d'un frein continu à air comprimé et du frein à contre-pression d'air dans les cylindres à vapeur; elle porte un indicateur de vitesse du système Petri. Le poids à vide est de 31,5 *t*. et le poids en service avec approvisionnements complets de 39 *t*, dont 31 sur les essieux accouplés. Cette machine porte le numéro de construction 3300.

7° Vient ensuite une machine également construite par Krauss et Cie et de plus modestes dimensions; c'est une locomotive à voie normale pour lignes secondaires ou chemins de fer industriels, du type dit de 100 *ch*. Elle est d'un modèle bien connu, exécuté à un très grand nombre d'exemplaires depuis trente ans par le constructeur. Il y a deux essieux seule-

ment, accouplés ensemble, cylindres extérieurs horizontaux, distribution à coulisse droite d'Allan, caisses à eau sous la chaudière entre les longerons. Nous ne nous étendrons pas sur cette machine qui ne présente rien de nouveau, et nous bornerons à en donner les principaux éléments. Surface de grille 0,525 *m*², de chauffe extérieure 35 *m*²; cylindres 270 × 400 *mm*, roues de 830, écartement d'essieux 1 800 *m;* capacité des caisses à eau 2 400 *l* et des soutes à combustible 900 *kg*; la machine pèse en service 16 700 *kg* répartis également sur les deux essieux.

8° La dernière machine, provenant également des ateliers Krauss, est du même type que la précédente, mais plus petite encore. C'est une locomotive pour voie étroite, 0,75 ou 0,60 *m* d'écartement et dite de 40 *ch;* ce type est employé pour usines ou exploitations agricoles. Les deux essieux écartés de 1,10 *m* et accouplés ensemble portent des roues de 0,620 *m* de diamètre et sont actionnés par des cylindres de 180 × 300 *mm* dont les tiroirs sont commandés par coulisse Stephenson. La chaudière a une surface de grille de 0,3 *m*², et une surface de chauffe extérieure de 15 *m*². Les caisses à eau contiennent 700 *l* d'eau et les soutes 300 *kg* de combustible. La machine pèse 6 400 *kg* à vide et 8 100 en ordre de marche; le prix est de 11 250 *f*.

L'exposition des voitures est également très intéressante.

Nous citerons d'abord une voiture de 1re et 2e classes type des chemins de fer de l'État bavarois, construite par la « Maschinenbau-Aktiengesellschaft » à Nüremberg. C'est une voiture portée sur deux bogies à deux essieux chacun, à intercommunication avec couloir latéral, sept compartiments, toilette, etc., plates-formes closes, passerelles avec soufflets, éclairage au gaz d'huile, chauffage à vapeur, etc., La longueur totale de la caisse est de 17 *m*, la longueur hors tampons de 18,30; l'écartement des essieux des bogies est de 2,50 *m* et l'écartement total de 14,5. La voiture pèse 31 700 *kg*.

Une voiture de dimensions encore plus grandes est exposée par la même fabrique et appartient à la Compagnie Internationale des Wagons-Lits. Cette voiture est à couloir latéral ; elle comporte dix-huit couchettes, quatre cabinets de toilette avec eau chaude, eau froide, W. C., etc. Elle est portée sur deux bogies dont les axes sont distants de 12,87 *m*. La longueur de la caisse est de 18,50 *m* et la longueur totale hors tampons de 19,74. Les essieux extrêmes sont distants de 15,37 *m*. La voiture pèse 34 300 *kg;* elle est munie d'un frein à main, du frein Westinghouse et du frein à vide Hardy en vue de sa circulation sur les lignes autrichiennes, d'un chauffage à vapeur et à eau chaude et d'un éclairage au gaz Pintsch avec dix-huit lampes.

Il y a deux wagons-salons appartenant aux chemins de fer de l'État bavarois. Le premier, construit par la « Maschinenbau-Aktiengesellschaft », à Nüremberg, est particulièrement affecté aux déplacements des hauts fonctionnaires de l'administration; il contient une antichambre, un salon, un cabinet de travail, toilette et une pièce pour les gens de service; il est muni d'un chauffage à vapeur et d'un éclairage électrique par accumulateurs du système Bœse-Riedinger. Cette voiture est à trois essieux avec écartement total de 9,25 *m;* elle porte un frein à main, le frein Westinghouse et le frein Hardy et pèse 21 200 *kg*.

Le deuxième wagon-salon est exposé par la fabrique Jos. Rathgeber, à Münich. Il présente à peu près la même disposition générale que le précédent ; seulement des cloisons mobiles permettent de réunir à volonté les diverses parties en une seule. L'éclairage se fait au gaz d'huile avec lampes-multiplex de Riedinger.

La maison Rathgeber expose également une voiture à compartiments pour 1re et 2e classe des chemins de fer de l'État bavarois, et une voiture pour chemin de fer d'intérêt local.

La première est à trois essieux, celui du milieu à déplacement transversal ; elle est munie d'un frein à main et du frein Westinghouse, d'un chauffage à vapeur et de l'éclairage à l'huile. Il y a vingt-trois places assises et le poids est de 15 000 *kg*.

La voiture d'intérêt local contient seize places assises et cinq debout sur chacune des deux plates-formes, plus un compartiment pour la poste. Elle est portée sur deux essieux écartés de 5 *m* et pèse 10 000 *kg*.

Le même constructeur expose encore un certain nombre de voitures parmi lesquelles : un wagon de service pour les chemins de fer d'Anatolie avec intercommunication, servant aux déplacements des Ingénieurs, un wagon-poste pour les chemins de fer de l'État bavarois, avec éclairage électrique par accumulateurs, cette voiture est portée sur deux bogies ; un wagon à bière avec réservoir à glace ; un bogie pour voiture à voyageurs avec diverses dispositions intéressantes, notamment pour les freins.

La « Maschinenbau-Aktiengesellschaft », à Nürenberg, déjà citée plusieurs fois, expose encore une voiture à compartiments pour 1re et 2e classe, destinée aux chemins de fer d'Anatolie ; un fourgon avec compartiment de service pour le personnel et W. C. pour les trains à long parcours sans arrêt des chemins de fer de l'État bavarois ; une voiture de 3e classe pour chemin de fer d'intérêt local contenant cinquante-quatre places assises et dix debout sur chacune des deux plates-formes ; un wagon pour transport de blessés et malades avec dix brancards, chauffage par poêle, éclairage au gaz, réservoir à glace, W. C. et ventilation, ces deux dernières voitures appartenant aux chemins de fer de l'État bavarois ; enfin un wagon-plate-forme pouvant porter 30 000 *kg* avec bogies à deux essieux chacun.

La troisième fabrique bavaroise de wagons, celle de Ludwigshafen sur Rhin, expose une voiture à couloir de 3e classe des chemins de fer de l'État bavarois. Cette voiture est du système américain à passage central avec quarante-trois places assises, W. C., freins à main et Westinghouse, éclairage au gaz et chauffage à vapeur ; elle est portée sur trois essieux avec disposition convergente et pèse 12 000 *kg*. Elle expose encore un wagon à marchandises qui, avec deux voitures du type de la précédente constitue le train normal des chemins de fer d'intérêt local de l'État bavarois. Ce wagon porte un frein à main et le frein à vide simple Hardy. La caisse a 5,80 *m* de longueur. et la voiture pèse environ 9 *t*.

La fabrique de machines de Riedinger, à Augsbourg, expose un wagon-réservoir pour gaz de graisses ; ce wagon porte trois réservoirs cylindriques contenant 10 m^3 de gaz comprimé à 10 *atm* avec robinets.

manomètres, etc. ; il est muni d'un frein à main. Ce wagon est porté sur trois essieux avec disposition convergente; il pèse 18 800 *kg*.

On voit par l'exposé rapide qui précède que l'Exposition bavaroise, à Nürenberg, offrait un champ d'études aussi vaste qu'intéressant. On y trouvait réunies nombre de dispositions remarquables dont quelques-unes déjà sanctionnées par la pratique dans une mesure plus ou moins grande.

Si on voulait porter un jugement sur les tendances manifestées dans la construction des locomotives exposées, il nous semble qu'on remarquerait tout d'abord la préoccupation très nette de créer des types spéciaux appropriés aux diverses conditions de l'exploitation, trains rapides de poids modéré, trains lourds de voyageurs, trains de marchandises, traction sur lignes de fortes rampes, service local, etc., puis le désir d'accroître la puissance sans sortir des proportions modérées pour les chaudières, ce qui a conduit à demander ce desideratum au fonctionnement compound dont l'emploi se retrouve sur cinq locomotives sur six si nous ne considérons que les machines un peu importantes. Cette tendance si manifeste à l'usage de la double expansion n'était pas spéciale à l'Exposition de Nürenberg, elle pouvait se constater aussi à celle de Genève, et, quoique à un moindre degré, à celle de Budapest.

Machines à vapeur pour laminoirs réversibles. — Nous trouvons, dans le *Stahl und Eisen*, la description d'une machine à vapeur pour laminoir réversible qui est probablement la plus puissante qui ait été construite jusqu'ici; elle est indiquée de la puissance de 10 000 *ch* et provient des ateliers de Makintosh, Hemphill et Cie, de Pittsburgh.

C'est une machine horizontale à deux cylindres placés parallèlement et actionnant des manivelles calées à angle droit et placées l'une au bout de l'arbre, l'autre à un point intermédiaire de celui-ci.

L'appareil comporte une plaque de fondation à peu près rectangulaire et évidée sous l'arbre pour le passage des manivelles et dans l'intervalle des deux machines. Cette plaque porte à une extrémité trois paliers pour l'arbre et, à l'autre, des parties relevées et raccordées par de fortes nervures courbes pour recevoir l'attache des cylindres qui sont en porte à faux.

Cette plaque a 11,20 *m* de longueur, 8,40 de largeur; la hauteur est de 1,50 *m* au droit des paliers et 1,22 dans les autres parties.

L'arbre porte un coude au milieu et un plateau-manivelle à l'extrémité; il est, comme on l'a vu, porté sur trois paliers; les portées ont 0,610 *m* de diamètre et leur longueur est de 1,016 *m* pour la dernière, celle qui est du côté de la commande du laminoir et de 0,916 *m* pour les deux autres. Le bouton du coude a 0,584 *m* de diamètre et 0,432 de longueur, celui du plateau-manivelle a seulement 0,380 *m* de diamètre et 0,305 de longueur. Cet arbre est en acier; il porte entre les paliers intérieurs un disque-volant de 3 *m* de diamètre servant à équilibrer les manivelles et pièces à mouvement alternatif, pour mettre la machine à même de partir facilement dans toutes les positions.

Les bielles ont 4,80 *m* de longueur et 0,35 *m* de diamètre près de la grosse tête; celle-ci est en forme de palier comme dans les machines

marines, avec coussinets en bronze garnis en métal blanc, disposition appliquée également aux paliers de l'arbre. La petite tête est articulée avec une crosse fourchue en acier coulé à laquelle s'assemble par clavetage la tige de piston dont le diamètre est de 0,24 *m*. Les côtés de la crosse forment des coulisseaux garnis de patins en bronze qui s'engagent entre des guides en fonte boulonnés sur la plaque de fondation.

Les cylindres ont 1,270 *m* de diamètre et 1,830 de course, leurs axes sont écartés de 5,30 *m*. La distribution se fait par des tiroirs à piston placés sur les côtés avec la tige dans le même plan horizontal que la tige du piston. On obtient ainsi des passages droits et courts et les tiroirs sont équilibrés naturellement. Les tiges de ces tiroirs sont guidées par des guides boulonnées sur la plaque de fondation, et sont terminées par des coulisseaux qui s'engagent dans des coulisses droites attachées chacune à deux barres d'excentriques. Ces excentriques calés sur l'arbre n'ont pas moins de 1,20 *m* de diamètre de poulies, ce qui n'a rien d'étonnant, vu l'énorme dimension de l'arbre qui les porte. Les coulisses sont suspendues à des leviers portés par un arbre de relevage placé sous la plaque de fondation et actionné par deux petits cylindres hydrauliques à simple effet, conjugués entre eux.

Sur les boites à tiroir se trouvent des soupapes d'arrêt dont les tiges sont reliées et manœuvrées par un petit cylindre à vapeur que le machiniste fait agir au moyen d'une petite soupape. Un tuyau bifurqué amène la vapeur aux boites des soupapes; ce tuyau porte lui-même une soupape d'arrêt à laquelle aboutit la conduite de vapeur provenant des générateurs. Cette conduite n'a pas moins de 0,52 *m* de diamètre, ce qui explique les dispositions qui viennent d'être indiquées pour la commande des prises de vapeur.

La machine occupe une longueur totale de 14,25 *m* sur une largeur de 8,40. Elle pèse 360 000 *kg;* l'arbre seul avec le plateau-manivelle, le disque des contrepoids, etc., pèse 54 000 *kg*. La disposition de cet appareil gigantesque est très simple et la construction très robuste, ainsi qu'il convient pour une machine devant faire un travail brutal et variable et exposée à des chocs formidables.

L'article dans lequel nous avons pris les renseignements qui précèdent ne fait aucune allusion à la pression de la vapeur ni à la vitesse de rotation en marche normale, ce qui ne permet pas de vérifier si les dimensions des cylindres correspondent bien à la puissance annoncée. Nous pouvons toutefois tenter un essai de vérification.

Une puissance de 10 000 *ch* sur l'arbre équivaut, en supposant un rendement organique de 90 0/0, très admissible pour un très fort moteur sous condensation et à distribution équilibrée, à 11 100 *ch* bruts sur les pistons ou 837 500 *kgm* par seconde pour les deux cylindres, soit 418 750 pour chaque. La surface du piston étant de 12 667 cm^2 pour un diamètre de 1,270 *m*, chaque cylindre donnera 12 667 $\times$ 1 *kg* $\times$ 1 *m* = 12 667 *kgm* par seconde pour 1 *kg* de pression moyenne effective et 1 *m* de vitesse par seconde. Le produit de la vitesse par la pression moyenne effective par centimètre carré de surface du piston devra donc être de $\frac{418750}{12667} = 33.$

Une vitesse de 4,80 *m* par seconde, correspondant à 80 tours par mi-

nute, donnera une valeur de $\frac{33}{4,8} = 6,9\,kg$ pour la pression moyenne effective, chiffre qu'on peut réaliser avec de la vapeur à une pression initiale de 9 à 10 *kg* et avec une admission de 40 0/0 de la course du piston. On voit donc que l'énorme puissance annoncée se justifie par les dimensions adoptées pour les cylindres, et cela d'autant plus que la vitesse de 4,80 *m* par seconde, indiquée plus haut, peut être notablement dépassée.

Il nous paraît utile de faire suivre cette description de quelques observations sur les dispositions des machines réversibles contenues dans un mémoire de M. V. Defaye, Ingénieur à la Société de Couillet, intitulé : « Les moteurs de laminoirs » et publié récemment dans le *Bulletin* de l'*Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain.*

Les machines réversibles se construisent très ramassées, de façon à augmenter la solidité et à réduire l'encombrement. En vue de la résistance aux chocs, les pièces fixes sont très robustes. Au contraire, les pièces à mouvement alternatif sont aussi légères que possible, afin de diminuer les graves inconvénients qui résultent des grandes masses à mouvement rectiligne ; mais on les fait en matériaux de qualité supérieure, afin d'unir la solidité à la légèreté. On équilibre d'ailleurs, autant que faire se peut, le poids de ces pièces en vue d'adoucir et régulariser la marche du moteur. Les articulations doivent être largement calculées et le graissage des plus soignés.

La disposition horizontale est de beaucoup la plus en vogue pour les machines de cette classe. L'assiette est meilleure que dans les machines verticales ; les trépidations intérieures sont moindres ainsi que la fatigue de la fondation. Certains constructeurs, cependant, ont construit verticales des machines réversibles de laminoirs. Ils ont pris pour type les machines marines modernes qui, pour les navires à hélice, sont presque toutes verticales à pilon. Ces machines marines ont à fournir un travail analogue à celui des machines réversibles de laminoirs et se comportent très bien, malgré la légèreté des pièces qui les composent et la mauvaise assise que leur offrent les navires.

Le changement de marche se fait ordinairement par coulisses. Les excentriques sont généralement employés pour la commande de celles-ci. A cause du manque d'espace sur l'arbre moteur, il est souvent malaisé de les y caler ; le grand diamètre de cet arbre, d'ailleurs, conduit à employer des poulies d'excentriques de fortes dimensions dont le graissage est difficile. Certains constructeurs ont tourné la difficulté en fixant les excentriques sur un arbre spécial de petit diamètre commandé par l'arbre principal à l'aide d'une paire d'engrenages de même diamètre; mais cette construction manque de simplicité et d'élégance.

Comme distributeurs, on n'a guère employé que les plus simples; les distributeurs perfectionnés sont trop compliqués et trop exposés à se détériorer.

En général, la détente se fait indépendamment dans chaque cylindre avec variation par la coulisse de changement de marche. En marche normale, la détente n'est d'ordinaire qu'assez faible. Pour réduire la consommation de vapeur qui est le point faible de ces machines, il serait

désirable de leur appliquer la multiple expansion. On a fait de nombreuses tentatives à ce sujet, mais toujours on se heurte à la difficulté du démarrage. La difficulté de la mise en marche serait un très grave défaut dans ces machines dont les arrêts sont extrêmement fréquents. Le maintien de la pression au receiver n'est qu'une solution très imparfaite qui n'a pas donné de bons résultats.

Certains constructeurs ont remplacé chacun des cylindres des machines multiples par un groupe de deux cylindres compound-tandem. Cette solution, quoique onéreuse, est parfaitement applicable aux puissantes machines à deux cylindres, mais elle ne serait guère pratique dans les machines triples qui devraient avoir six cylindres.

On pourrait peut-être arriver à combiner un appareil automatique ou tout au moins facile à manœuvrer (1) permettant, après chaque arrêt de la machine, de la ramener rapidement dans une position convenable pour la mise en train.

La condensation est souvent employée dans les machines réversibles ; les pompes à air, dans ce cas, doivent être commandées par une machine indépendante. La condensation, inutile de le dire, produit une économie de combustible et une augmentation de puissance de la machine. C'est ainsi que, dans certain laminoir, l'adjonction d'une machine condensante à un moteur à trois cylindres de 1 *m* de diamètre et 1,10 *m* de course, permet au train qu'il actionne de laminer des lingots de 1 500 *kg*, tandis que, sans condensation, on ne pouvait dépasser 1 200 *kg*.

Quand on n'emploie pas la condensation, la vapeur qui sort des cylindres sert ordinairement à réchauffer l'eau d'alimentation des chaudières. Certains réchauffeurs bien compris amènent la température de cette eau jusqu'à 90° et même plus.

Effet des retarders dans les tubes de chaudières. — Dans la dernière session, tenue à Saint-Louis, en mai 1896, de l'American Society of Mechanical Engineers, M. Jay M. Whitham, de Philadelphie, a fait une intéressante communication sur l'effet des retarders dans les tubes de chaudières.

Disons d'abord qu'on désigne sous le nom de *retarders* des lames métalliques, généralement tordues en tire-bouchon, destinées à ralentir ou *retarder* le passage des gaz de la combustion dans ces tubes. Ne connaissant pas d'expression française pour désigner ces objets, nous croyons devoir conserver le mot anglais, bien que, comme on le verra plus loin, il n'indique peut-être pas d'une manière tout à fait exacte leur mode véritable d'action.

Les expériences qui font l'objet du travail dont nous nous occupons ont été effectuées, en octobre et décembre 1895 et en janvier 1896, à la station centrale de Sutherland Avenue de la Philadelphia Traction Company, à Philadelphie.

A cette station, se trouve un groupe de dix chaudières tubulaires desservies par une cheminée en briques de 53 *m* de hauteur et 3,05 *m* de diamètre intérieur. Ces chaudières ont 1 524 *m* de diamètre et 6,10 *m*

(1) Ce problème ne paraît pas plus difficile que celui du démarrage des locomotives compound à deux cylindres qui est résolu depuis longtemps.

de longueur; elles contiennent chacune 44 tubes de 0,102 *m* de diamètre et 6,10 *m* de longueur. Elles sont chauffées extérieurement et, après avoir passé sous la chaudière et traversé les tubes, les gaz de la combustion circulent autour de la partie supérieure pour sécher la vapeur. La grille a 1,62 *m* × 1,52 *m*, soit 2,46 m^2 de surface et la surface de chauffe en contact avec l'eau 115,74 m^2. La surface d'évaporation ou de niveau d'eau est de 7,75 m^2, ce qui donne les rapports de 47 m^2 de surface de chauffe par mètre carré de grille et 15 m^2 par mètre carré de surface d'évaporation.

On a fait sur quatre de ces chaudières des essais comparatifs avec et sans l'emploi des retarders. Ces retarders étaient formés d'une bande de fer plat de la longueur du tube, ayant pour largeur le diamètre intérieur du tube, et tordue au pas de 3,05 *m*, ce qui donnait deux tours pour la longueur du tube.

Le principe de l'essai consistait à chercher le poids d'eau vaporisé par unité de poids de combustible avec et sans l'emploi des retarders.

On mesurait le charbon et l'eau; on avait soin d'employer toujours le même combustible: dans l'espèce, du charbon bitumineux de Pensylvanie, de la mine Henrietta, et un chauffeur expérimenté, toujours le même, conduisait le feu. Pour éviter une cause d'erreur trop fréquente dans les essais de ce genre, avant de commencer l'expérience, on jetait le combustible qui était sur la grille et on le remplaçait par du charbon embrasé, pesé et servant à allumer le nouveau feu. A la fin de l'opération, on jetait le feu et on pesait le combustible qui le constituait. La vapeur sortant de la chaudière était analysée au point de vue de la proportion d'eau entrainée dans un calorimètre Barrus. Cette proportion a toujours été trouvée insignifiante. Certaines opérations ont été répétées pour éviter les chances d'erreurs.

Le tirage était mesuré avec soin au moyen des appareils employés en pareil cas. On laissait s'échapper la vapeur produite sans l'utiliser pour ne pas être gêné par les sujétions entrainées par le travail d'une machine, mais on a cependant rapporté la vaporisation à un travail fictif, avec l'hypothèse d'une consommation de 15,63 *kg* (35,5 livres) de vapeur par cheval, ceci pour rendre les comparaisons plus frappantes.

Ce mode d'appréciation est tout à fait arbitraire et nous croyons préférable, en nous servant des renseignements contenus dans les tableaux généraux d'expériences qui accompagnent le mémoire de M. Whitham, de présenter les résultats sous la forme qu'on emploie habituellement, c'est-à-dire de rapporter les rendements du combustible en vapeur à l'intensité de la combustion et de la vaporisation, soit à la quantité de combustible brûlé par heure et par mètre carré de surface de grille et à la production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

Voici d'abord comment se répartit le tirage d'après les résultats moyens donnés par les observations :

Résistance due au passage dans la grille et à travers le combustible	7,6 *mm*	d'eau
Résistance due au passage sous la chaudière et dans les tubes sans l'emploi des retarders	6,8	—
Résistance totale sans retarders et sans passage autour de la partie supérieure de la chaudière	14,4	—

Report	14,4 *mm* d'eau	
Résistance supplémentaire due à l'emploi des retarders	7,9	—
Résistance totale avec retarders, mais sans passage autour de la partie supérieure de la chaudière	22,3	—
Résistance due au passage autour de la partie supérieure de la chaudière.	1,8	—
Résistance totale ou tirage de la cheminée	24,1 *mm* d'eau	

Voici maintenant les résultats obtenus au point de vue du rendement du combustible en vapeur avec et sans emploi des retarders. Nous devons faire remarquer que les vaporisations ont été comptées à 100° et avec de l'eau à 100°, ce qui représente par kilogramme un nombre de calories égal à $606,5 + (0,305 \times 100) - 100 = 537$. Ce fait explique les chiffres élevés donnés ci-dessous.

	Conditions de l'essai.		Tirage en millimètres d'eau.	Température des gaz sortant en degrés C.	Combustible par mètre carré de grille et par heure.	Eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe et par heure.	Eau vaporisée par kilogramme de combustible.
	—		—	—	—	—	—
1	Sans	retarders.	4,0	188	31,6	7,7	10,43
1 *bis*	Avec	—	5,8	177	31,6	7,7	10,44
2	Sans	—	5,1	212	43,3	10,9	10,70
2 *bis*	Avec	—	7,0	182	45,4	11,4	10,72
3	Sans	—	8,1	223	59,1	14,8	10,58
3 *bis*	Avec	—	7,8	211	59,9	15,4	10,92
4	Sans	—	9,0	243	79,6	18,5	10,44
4 *bis*	Avec	—	9,5	217	74,0	18,8	10,86
5	Sans	—	10,5	235	93,5	22,2	10,65
5 *bis*	Avec	—	12,2	224	85,0	22,0	11,00
6	Sans	—	12,8	263	101,6	25,6	10,71
6 *bis*	Avec	—	14,2	214	96,1	25,0	11,10
7	Sans	—	16,2	274	129,3	29,5	10,26
7 *bis*	Avec	—	17,8	254	116,2	29,2	10,60
8	Sans	—	15,5	288	146,6	32,1	9,84
8 *bis*	Avec	—	17,8	272	133,0	33,4	10,70
9	Sans	—	16,7	341	167,0	35,4	9,03

L'examen des chiffres de ces tableaux fait voir qu'avec l'emploi des retarders, le rendement du combustible est très sensiblement le même, que la chaudière produise 35 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure ou qu'elle n'en produise que 7 à 8. Dans la manière de compter à laquelle nous avons fait allusion, on peut dire que la production de vapeur par kilogramme de combustible est la même que la chaudière produise de la vapeur pour 225 *ch* ou seulement pour 50. On peut apprécier qu'il n'en est pas tout à fait de même lorsqu'on ne se sert pas des retarders.

Les conclusions de l'auteur sont les suivantes :

1° La présence de retarders dans les tubes oppose au passage des gaz une résistance variable avec l'intensité de la combustion;

2° L'effet des retarders est de réduire la température des gaz à la sortie des tubes et d'accroître l'efficacité de la surface de chauffe tubulaire;

3° L'emploi des retarders entraine une économie de combustible qui varie, selon les conditions de fonctionnement, de 3 à 18 0/0;

4° Les retarders peuvent être surtout employés avec avantage avec le tirage artificiel, soit par insufflation, soit par aspiration, avec jet de vapeur ou ventilateur et avec l'anthracite ou le charbon bitumineux;

5° Les retarders ne présentent aucun avantage pour des chaudières devant fonctionner avec faible production et faible tirage;

6° Dans les installations existantes, les retarders peuvent donner d'aussi bons résultats que les economisers et n'offrent pas plus de résistance au tirage;

7° Les retarders de la forme décrite ici ne peuvent être employés que pour des tubes où passent les gaz de la combustion;

8° Les résultats obtenus dans les essais dont il vient d'être question doivent être regardés comme des maximum qu'on n'atteindra généralement pas dans la pratique, parce qu'ils ont été réalisés avec des surfaces propres, une chauffe soignée et du combustible de choix;

9° Les essais qui précèdent prouvent que l'emploi qui a été fait des retarders dans les chaudières marines est logique, et que l'économie de 5 à 10 0/0 annoncée pour leur emploi est justifiée si les chaudières ont besoin d'être poussées et si le tirage est fort.

Ces résultats sont intéressants, mais ce qui nous a surtout engagé à traiter cette question, ce sont les considérations développées dans la discussion de la communication de M. Whitham et que nous donnerons dans la prochaine Chronique. *(A suivre.)*

Transmissions par cordes. — Dans une communication récente présentée à la British Society of Mechanical Engineers, M. Abram Combe rappelait que la vitesse adoptée dès le début de l'emploi des transmissions par cordes et considérée comme donnant les résultats les plus avantageux, était de 16 à 17 *m* par seconde (3 300 pieds par minute). On craignait que des vitesses supérieures, augmentant la résistance de l'air, la force centrifuge et l'usure des cordes et des supports de poulies, n'amenassent des inconvénients plus ou moins sérieux. M. Combe donne dans son mémoire les chiffres suivants pour les rapports entre les diamètres des cordes et ceux des poulies à gorges et la puissance en chevaux correspondant à 100 tours par minute.

Diamètre des cordes.	Diamètre des poulies.	Rapport.	Nombre de chevaux pour 100 tours par minute.
32 *mm*	0,915 *m*	1 à 28,8	5
38	1,220	1 à 32,0	8
44,5	1,525	1 à 34,3	11
51	1,830	1 à 36	15

Pour les diamètres intermédiaires, la puissance transmise serait proportionnelle au diamètre des poulies.

L'auteur du mémoire ajoute que, lorsqu'on travaille dans les conditions les plus favorables, par exemple, lorsque les brins sont horizontaux, les poulies suffisamment espacées et le brin inférieur conduisant, les chiffres donnés plus haut peuvent être augmentés de 20 à 25 0/0, tandis que, si les conditions sont désavantageuses, c'est-à-dire les poulies trop rapprochées, les brins s'éloignent de l'horizontale, etc., les chiffres donnés pour le travail transmis devront être réduits dans la même proportion. Toutefois, le taux exact de la diminution ou de l'augmentation devra de préférence être apprécié dans chaque cas particulier, suivant les conditions dans lesquelles fonctionne la transmission.

En rendant compte de cette communication, le journal *Engineering News*, désirant comparer avec ces chiffres ceux qu'on emploie en pareil cas aux États-Unis, prend pour base ceux qui sont donnés dans les catalogues de C. W. Hunt et Cie, fabricants de cordes de transmission à New-York, et qu'on peut prendre pour exemple de la pratique courante en Amérique.

Voici le tableau résumant cette comparaison :

Diamètres en millimètres.	32 »	38 »	44,5	51 »
Nombre de chevaux à 100 tours (Combe). .	5	8	11	15
— à 16,7 *m* — . .	17,5	21 »	23,1	26,5
— d° (Hunt). . .	18,5	25,4	36,1	47,1
— à 25,40 *m* — . . .	21,4	30,8	41,8	54,1

Dans les tableaux de Hunt et Cie, les puissances croissent comme le carré du diamètre, ce qui implique l'hypothèse que les cordes ont toutes la même résistance par unité de section, quel que soit le diamètre, tandis que dans les tableaux de Combe les puissances transmises augmentent moins vite que les carrés des diamètres.

Un constructeur américain, se basant sur les chiffres de Hunt, transmettrait avec une corde de 51 *mm* de diamètre, marchant à 25,40 *m* par seconde, une puissance de 54 *ch*, alors qu'en Angleterre la même corde, marchant seulement à 16,7 *m* par seconde, ne transmettrait que moins de la moitié de cette puissance. Il faudrait donc un nombre plus que double de cordes et il est probable que les inconvénients entraînés par cette augmentation, et notamment la dépense, feraient renoncer à l'emploi des cordes en faveur des courroies.

Toutefois, le journal américain ne croit pas que les chiffres donnés par M. Combe représentent réellement la pratique anglaise, car un article de M. W. H. Booth, collaborateur anglais de l'*American Machinist*, donne des exemples de transmissions employées dans des manufactures du Lancashire, et d'où il résulterait qu'une corde de 44,5 *mm* de diamètre, marchant à 25,40 *m* par seconde, transmet une puissance de 50 *ch*. En se basant sur ce chiffre, on obtient le tableau suivant pour les mêmes données que ci-dessus :

Diamètres en millimètres.	32 »	38 »	44,5	51 »
Nombre de chevaux à 24,40 *m* . . .	24 »	34 »	49 »	63 »

Nous ferons remarquer que les vitesses de 25,40 et 24,40 *m* par seconde, données dans le tableau précédent et dans celui-ci, sont celles qui correspondent aux chiffres anglais de 5 000 et 4 800 pieds par minute.

On voit que les puissances données dans le dernier tableau dépassent notablement les chiffres américains. Il est donc permis de croire que les chiffres si peu élevés indiqués par M. Combe pour les cordes de 44,5 51 *mm* sont le reflet des traditions anglaises de prudence et de sécurité poussées à un degré excessif et que ces traditions ne sont pas suivies par les manufacturiers du Lancashire.

Dans un mémoire sur la même question, inséré dans le *Bulletin* de notre Société, 1895, II, page 28, M. Dubreuil donne pour limites de la vitesse des cordes de transmission 8 et 25 *m* par seconde et une charge de 10 *kg* par centimètre carré de section des cordes; en supposant qu'il s'agisse de la section du cercle circonscrit à la corde, les chiffres maximum indiqués correspondraient pour une corde de 51 *mm* à une puissance de 68 *ch*, chiffre encore un peu supérieur aux chiffres du Lancashire et qui s'en rapprocherait beaucoup s'il s'agit de la section réelle de la corde.

Les aide-mémoire allemands (Uhland) indiquent des vitesses extrêmes de 7 et 25 *m* et même exceptionnellement 30 *m* et des résistances de 7,5 *kg* par centimètre carré pour les cordes de chanvre et de jute et de 30 *kg* pour les cordes en coton. Rien n'a été dit dans ce qui précède sur la valeur de la matière dont les cordes sont faites.

Un combustible américain. — Il parait que, dans le Nebraska aux États-Unis, les fermiers, ne pouvant se procurer ni bois ni charbon à des prix abordables, trouvent avantage à se servir comme combustible du maïs provenant de leur récolte. Un comité pris dans la législature et le Board of Transportation de l'État ont ouvert une enquête pour rechercher quelle est la quantité de grain ainsi brûlé annuellement, quels son les prix respectifs sur place du grain et du charbon et quelles réductions il faudrait faire subir aux tarifs de transport de ces matières pou permettre aux cultivateurs de brûler du charbon et de vendre leur maïs

La *Railroad Gazette*, qui rapporte ce fait, le fait suivre des réflexion suivantes. Sans doute, il est très fâcheux que des fermiers soient obligé de brûler les grains provenant de leur récolte, alors qu'il y a dans l monde tant de gens qui meurent de faim et tant de combustible dan le sein de la terre. Mais, après tout, c'est moins une affaire de senti ment qu'une de prix de revient comparés. Si, au premier mouvemen on est amené à considérer comme une chose très fâcheuse de brûler d grain, c'est qu'on obéit à une tradition des temps passés, où le pai était plus rare qu'aujourd'hui, et aussi parce qu'on se figure plus o moins qu'il s'agit de froment, confusion amenée par ce fait que le m anglais *corn*, qui signifie d'une manière générale grains ou céréales, s'a plique plus particulièrement en Angleterre au froment et aux État Unis, surtout dans l'ouest, au maïs.

La question pour les fermiers du Nebraska est de se procurer chauffage au meilleur marché; or il est possible que, dans les cond tions actuelles, ils ne puissent pas obtenir un nombre donné de calori au moyen de combustible minéral venant de loin au même prix qu' brûlant du maïs qu'ils récoltent sur place, et cela se comprend facil ment si leurs fermes sont à des distances de 15 à 20 *km* et plus d'u

ligne de chemins de fer avec laquelle la seule communication soit une route en mauvais état. On sait que les routes aux États-Unis sont souvent dans un état qui dépasse tout ce qu'on peut imaginer. Nous renvoyons à ce sujet à un article de la Chronique de mai 1895, page 730, intitulé : *Ce que coûtent les mauvaises routes.*

La situation que nous venons de signaler n'est, du reste, pas récente, car nous avions déjà indiqué, il y a une quinzaine d'années, que, dans le Far West, il en coûtait moins pour faire pousser le grain que pour amener du charbon.

La culture en maïs d'un hectare de terre ne revenait qu'à 75 *f*, et produisait l'équivalent de 3 750 *kg* de houille, ce qui mettait la tonne de ce combustible à 20 *f*, alors qu'en réalité elle eût coûté trois fois ce chiffre au moins. Nous ajoutions que très probablement, au moins dans ces régions, l'utilisation la plus avantageuse de la chaleur solaire consistait à employer cette chaleur à produire des végétaux à croissance rapide, devant servir de combustible.

Un peu plus tard (voir Chronique de juillet 1883, page 137), nous indiquions qu'une puissante Compagnie venait de se fonder en Californie, sous le nom de Solar Heat Power Company, pour utiliser la chaleur solaire comme force motrice pour l'irrigation et autres travaux agricoles. On énumérait complaisamment l'énorme plus-value que devait donner à d'immenses territoires l'emploi de la chaleur du soleil. Il paraît que ces tentatives n'ont abouti à rien et que, faute de mieux, on continue à brûler du maïs.

Arbres forgés creux. — Les forges de Bethlehem, en Pensylvanie, fabriquent couramment des arbres forgés creux par un nouveau procédé, arbres qu'il ne faut pas confondre avec des arbres évidés après coup. Ces arbres commencent à être très employés sur les bateaux à vapeur du Mississipi et de l'Ohio. Nous citerons comme exemple un arbre de 11,80 *m* de longueur, 0,356 *m* de diamètre extérieur et 0,175 *m* de diamètre intérieur pour un bateau à roues de la Pittsburgh and Cincinnati Packet Line; cet arbre est en acier au nickel forgé et trempé à l'huile; il pèse 1 580 *kg* de moins et a trois fois et demie plus de résistance que les arbres en fer forgé qu'on emploie habituellement dans ces bateaux.

Dans une récente communication à la Western Society of Engineers, M. H. F. J. Porter, parlant de ce système de fabrication, a exposé que, comparé à un arbre en fer forgé de 0,356 *m* de diamètre sur 9,15 *m* de longueur, ayant une résistance de 1, un arbre plein en acier aurait une résistance de 1,33 supérieure, un arbre plein en acier au nickel de 1,5. Un arbre creux en acier du même diamètre extérieur que l'arbre en fer avec un évidement central de 88 *mm* de diamètre, aurait une résistance de 2 et un arbre creux en acier au nickel trempé à l'huile aurait une résistance de 3. Enfin, un arbre creux en acier du même poids que l'arbre en fer qui sert de point de comparaison et qui aurait 0,56 *m* de diamètre extérieur et 0,43 *m* de diamètre intérieur aurait une résistance de 3 et, s'il était trempé à l'huile, de 4 1/2; si cet arbre était en acier au nickel sa résistance s'élèverait à 6 et la trempe à huile la porterait à 8.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1896.

Discours prononcé par MM. HATON DE LA GOUPILLIÈRE et S. JORDAN aux obsèques de M. TRESCA.

Addition au rapport de MM. BRÜLL et HIRSCH sur **la distribution Lencauchez et Durant pour locomotives.**

Dans les comptes rendus du *Bulletin* de juin 1896 de notre Société, page 895, en rendant compte du rapport de MM. Brüll et Hirsch, nous avions exprimé la crainte qu'un passage de ce rapport ne tendît à accréditer, évidemment contre l'intention des auteurs, l'idée que l'application de la détente étagée aux locomotives comporte nécessairement l'emploi de plus de deux cylindres.

L'addition que les honorables rapporteurs ont bien voulu faire ici a pour objet de faire disparaître toute crainte d'erreur à cet égard.

Revue des progrès récents de l'industrie minière, par M. LEPROUX, Ingénieur des Mines.

Cette note traite de diverses questions très intéressantes. D'abord le fonçage des puits par les nouvelles méthodes ; le procédé Poetsch, déjà bien connu, qui a reçu une vingtaine d'applications, dont la plus importante est celle qui a été faite aux mines d'Anzin pour le fonçage de deux puits conjugués ne rencontrant les assises imperméables qu'à une profondeur de 100 *m* ; le fonçage par congélation a duré dix mois et n'a coûté que 2 500 à 3 000 *f* le mètre courant. Ce procédé a, en outre, été appliqué avec succès au creusement d'un tunnel à Stockholm et à la réparation des fondations des ascenseurs des Fontinettes.

Un autre procédé tout récent est celui d'Honigmann, employé, paraît-il, avec succès en Hollande et qui consiste à employer un outil à rodage d'un diamètre égal à celui du puits à creuser et ayant au centre une tige creuse de gros diamètre ; les débris du terrain, mélangés à l'eau qu'ils contiennent, sont extraits par la tige creuse au moyen d'une injection d'air comprimé qui, en se mélangeant au liquide, donne une densité moindre que celle de l'eau boueuse qui remplit le puits et qui provient en partie d'une alimentation continue. On charge cette eau d'argile, laquelle s'infiltre dans les sables et les cimente, en quelque sorte.

On a pu, par ce procédé, foncer des puits de 60 *m* dans des terrains composés de sables, d'argile et de marne, et cela à un prix très peu élevé.

L'eau sous pression a reçu dans l'exploitation des mines des applications importantes, par exemple les perforatrices Brandt, qui ont été

employées au tunnel de l'Arlberg et à celui de Suram et qu'on doit employer au Simplon. On s'est servi également de l'eau sous pression pour actionner des pompes d'épuisement au puits Königin Marie et au puits Kaiser Wilhelm II, à Clausthal; ce dernier a aujourd'hui 870 *m* et sera poussé à 900 *m*. Les divers appareils sont mus par l'eau agissant sous une charge de 360 *m*.

Les pompes Kazelowsky, assez employées en Allemagne, sont également actionnées par de l'eau sous forte pression, 200 à 250 *kg* par centimètre carré.

L'eau est encore employée dans les élévateurs à injection dont on se sert en Californie pour relever certaines matières, sables aurifères, etc.

La note donne la description d'un treuil électrique pour mines, de la maison Siemens et Halske, de Berlin, puis passe à la question des explosifs; on trouve des détails sur l'installation d'Hebburn, près Newcastle, pour l'étude des explosifs, installation qui comporte un tube métallique de 30 *m* de longueur sur 0,90 *m* de diamètre, simulant une galerie de mines; vingt-trois regards formés de glaces permettent d'observer les phénomènes.

Le grisou est fourni directement par un soufflard dans le charbonnage voisin et on peut essayer tous les genres d'explosifs. Les rapports résumant les expériences faites sont très peu concluants. Des essais du même genre ont été faits en Westphalie et ne paraissent pas avoir donné jusqu'ici de résultats bien nets. La tendance paraît être plutôt dans la voie de restreindre l'usage des explosifs et de développer l'emploi des perforatrices.

On signale peu de faits nouveaux dans la question de l'aérage; dans celle de la préparation mécanique des minerais, l'auteur décrit le lavoir Francou, assez employé en Belgique, le bocard Back-Ruca et divers mortiers employés en Californie.

Sur l'**assainissement des villes et des cours d'eau aux États-Unis,** par M. Ronna *(fin)*.

Cette seconde partie du travail de M. Ronna traite de l'irrigation au moyen des eaux d'égout, cette irrigation ayant lieu soit par épandage, soit par conduites souterraines ou enfin par le système mixte : filtrage et irrigation, et contient un grand nombre d'exemples de ces applications. On y trouve ensuite l'étude de l'épuration chimique pour laquelle on a proposé un grand nombre de procédés, tous plus ou moins onéreux à cause de l'énorme proportion d'eau, 90 à 95 0/0. Ces procédés sont toutefois employés dans un assez grand nombre de villes des États-Unis.

On a aussi employé dans quelques endroits un système mixte, épuration chimique et filtrage intermittent; la note décrit les installations faites à East-Orange et Long Branch (New Jersey) et à Rochester (Minnesota).

Le traitement par l'électricité est signalé plutôt pour mémoire, bien que quelques applications en aient été faites sur une petite échelle; on ne peut guère actuellement en prévoir l'avenir tant qu'un prix de revient plus accessible ne permettra pas de l'employer d'une manière plus importante.

Méthodes américaines et anglaises pour la fabrication des tôles d'acier, d'après M. Jeremiah Head. (Extrait des publications de l'*Institution of Civil Engineers.)*

Cette note décrit les procédés employés ainsi que les fours, appareils mécaniques, etc. Aux États-Unis, l'emploi des machines a permis de réduire la main-d'œuvre beaucoup plus qu'en Angleterre.

Trempe de l'acier à l'acide phénique, par M. Levat.

Il a été reconnu que l'acier trempé à l'acide phénique acquiert de la dureté, de l'élasticité et de la souplesse; il tient ferme comme outil d'attaque et offre toutes les qualités d'une bonne trempe douce. La note dit qu'on se sert d'une solution d'acide phénique du commerce, mais n'indique pas la proportion d'acide.

Analyse du cuivre industriel par voie électrolytique, par M. A. Hollard. (Extrait des *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.)*

L'auteur, chef du laboratoire central de la Compagnie française des Métaux, a établi une méthode d'analyse sûre et complète, permettant de doser avec exactitude, grâce aux procédés électrolytiques, la teneur en cuivre ainsi que les quantités les plus minimes des impuretés qui accompagnent ce métal, arsenic, antimoine, nickel, cobalt, fer, argent, plomb, soufre. La note entre dans des détails circonstanciés sur la pratique de ce procédé d'analyse.

Notes de mécanique, par M. S. Richard.

Nous signalerons dans ces notes la description du conveyeur Dodge formé de godets articulés en chaîne sans fin, de l'accouplement flexible de Sperry pour transmission du mouvement de rotation d'un arbre à un autre situé dans le prolongement du premier, une transmission acatène à billes de Kohlmeyer, les alimentateurs automatiques pour chaudière de Normand-Sigaudy et de Yarrow dont le fonctionnement est réglé par le niveau de l'eau lui-même. On y trouve également décrite la fabrication par poinçonnage et découpage des rondelles de dynamos et des forets à circulation d'huile en usage aux États-Unis.

Janvier 1897.

Rapport de M. Lindet sur **l'acidimètre** de M. Dornic.

Cet appareil, destiné à l'essai des laits, se compose d'une ou deux burettes graduées en dixièmes de centimètre cube, d'une solution titrée de soude, telle que 1 cm^3 de cette liqueur sature 10 *mg* d'acide lactique, et enfin d'une pipette renfermant un indicateur coloré, la phénolphtaline. Cet acidimètre est déjà très employé par les cultivateurs et les industriels qui manipulent le lait, soit pour le vendre en nature, soit pour le transformer en fromage ou en beurre.

Revue des progrès accomplis dans **l'industrie des essences et des parfums,** par M. A. Haller.

Revue des **progrès récents de la métallurgie,** par MM. de Billy et Ed. Jalmist.

Cette revue comporte l'examen des questions suivantes : traitement préalable des minerais, concentration magnétique, grillage, etc., le haut fourneau, production, dispositions nouvelles, machines soufflantes, appareils à chauffer le vent, emploi de chaudières à récupération, essais pour retirer l'iode des gaz des hauts fourneaux, ciments de laitier, etc.

Nous citerons encore le puddlage direct par le procédé Bonehill, les perfectionnements du procédé Bessemer, le procédé Walrand-Legenisel, la fabrication de l'acier sur sole, le procédé Stockman, qui opère en deux périodes, consistant, la première, dans une épuration de la fonte au convertisseur et, la seconde, dans la dénaturation de cette fonte, soit au four à puddler, soit pour acier sur sole, le travail de forge et les divers appareils pour le réaliser, cisailles, laminoirs, etc., fabrication des fils de fer et d'acier, fabrications pour l'armée et la marine, blindages, projectiles, etc., les moulages et appareils de fonderie, les aciers spéciaux, la fabrication du fer-blanc et les perfectionnements qu'elle a reçus aux États-Unis, l'emploi de l'électricité, notamment pour la fusion, le soudage et la trempe, et enfin les essais faits dans le but d'arriver à l'unification des méthodes d'essai de résistance.

Étude du **fonctionnement des moteurs à vapeur à un cylindre,** par M. E. Lefer.

Il n'y a dans ce bulletin que le commencement du mémoire dont nous donnons le titre ci-dessus. Nous nous réservons d'examiner cette étude lorsqu'elle aura paru entièrement.

Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts, par M. L. Hartmann, chef d'escadron d'artillerie.

Cette étude, dirigée dans le même sens que celle de M. Frémont dont nous avons parlé, conteste, sur quelques points, les conclusions de notre Collègue. D'après M. Hartmann, les déformations superficielles font en tous leurs points un angle constant avec la direction de l'effort et elles se propagent par ondulations. La distribution de ces déformations élastiques se fait, dans l'intérieur des corps, de la même manière et d'après les mêmes lois que celle des déformations permanentes. C'est le jeu même des actions moléculaires qui est en cause, et on est ainsi conduit à une théorie de l'élasticité relevant uniquement de l'élasticité et reposant sur des principes nouveaux.

Dosage du phosphore dans les cendres de houille et de coke, par M. L. Campredon. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Les avaries de machines à vapeur, par M. Longridge. (Extrait des publications de l'*Institution of Mechanical Engineers.)*

Cette note contient des renseignements très intéressants que l'auteur

a recueillis pendant une longue pratique de l'inspection des usines et des ateliers. Les avaries y sont réparties d'après les parties auxquelles elles sont arrivées. Ainsi, sur 1 000, 213 sont dues à la distribution, 49 seulement aux arbres, 22 aux pistons, 19 aux volants. Chacune de ces causes d'avaries est détaillée avec la cause particulière indiquée; par exemple, pour les ruptures de boutons de manivelles, il n'y a pas moins de 43 cas de ruptures ou fissures rapportés avec croquis à l'appui.

Pertes de chaleur dans les machines à vapeur. — Ce sont des extraits d'un très important travail publié par M. Dwelshauvers-Dery dans la *Revue universelle* de Liège et intitulé : « Etude de huit essais de machines à vapeur exécutés au laboratoire de mécanique appliquée de l'Université de Liège ».

Ce travail contient des renseignements d'un grand intérêt sur les échanges de chaleur qui se produisent entre les parois métalliques des cylindres et la vapeur, et notamment sur la rapidité extraordinaire avec laquelle se font ces échanges, rapidité qui explique l'importance des pertes dues à la condensation initiale. On peut s'en faire une idée par le chiffre de 137 calories par mètre carré et par seconde, chiffre absolument énorme et qui est pourtant réel. On y trouve aussi des considérations intéressantes sur le rôle de l'enveloppe.

Notes de mécanique.

Nous signalerons parmi ces notes : des observations sur les machines à très haute pression, par M. Thurston, d'après lesquelles une machine expérimentale, fonctionnant à 35 *atm*, aurait dépensé 4,40 *kg* de vapeur par heure et par cheval indiqué; on pourrait espérer arriver à 3,25 *kg* avec 70 *atm*. On trouve aussi décrits les appareils de graissage Dewrance pour têtes de bielles et autres parties des machines marines, des dispositions de roulements sur billes, le bélier hydraulique de Rife et la presse à plier et courber les tôles de Fielding et Platt.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Novembre 1896.

Sur la flexion des plaques rectangulaires, par M. Flamant, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Les circonstances de la flexion des plaques minces, d'une épaisseur constante, se déduisent de l'intégration d'une équation différentielle, intégration facile lorsqu'il s'agit de plaques circulaires, mais qui ne peut plus s'intégrer en termes précis lorsqu'il s'agit de plaques rectangulaires.

Navier a donné une solution sous forme de série infinie, mais cette solution ne s'applique qu'à une plaque posée à son pourtour et non à une plaque encastrée, cas qui se présente fréquemment dans la pratique.

L'auteur a cherché une solution approximative qui s'applique à ce cas, solution basée sur la décomposition de la plaque en tranches qu'on peut assimiler à une poutre posée sur deux appuis. Pour tenir compte de l'inexactitude de l'hypothèse qui est le point de départ, on affecte les formules d'un coefficient correctif.

M. Flamant a pensé qu'il était utile de vérifier la valeur de ces formules par l'expérience, en se servant des résultats obtenus dans des essais faits sur les tôles de bordage de portes d'écluses.

Malgré des différences individuelles assez notables entre les chiffres donnés par le calcul et par l'expérience, on observe un certain parallélisme qui fournirait, d'après l'auteur, une vérification des formules et une justification des coefficients correctifs qui leur ont été attribués.

Essai sur **le problème de l'annonce des crues** pour les rivières des départements de l'Ardèche, du Gard et de l'Hérault, par M. G. Lemoine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le mémoire expose les observations qui servent de point de départ et les conclusions qu'on peut en tirer au point de vue de la prévision des crues et la solution administrative qui a été adoptée à titre d'essai.

On fait observer, d'ailleurs, que les conditions particulières des cours d'eau de ces départements, d'une nature éminemment torrentielle, ne permettront jamais à l'annonce des crues d'atteindre un caractère de précision comparable à celui qu'on a réussi à obtenir pour la Seine, à Paris, la Loire, à Orléans, etc., mais, néanmoins, cette prévision permettra de jeter l'alarme assez à temps pour permettre, sinon de prendre des précautions préventives, tout au moins de sauver le bétail et surtout de préserver des vies humaines.

Notice sur **la dérivation de la Scarpe autour de Douai**, par M. Barbet, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'exécution d'une dérivation de la Scarpe autour de Douai a pour objet d'éviter les nombreux obstacles qui, accumulés sur la Scarpe moyenne et sur une partie du canal de la Deule, exerçaient une influence néfaste sur l'industrie des transports, industrie dont l'importance s'élève à près de 3 millions de tonnes. Ces obstacles étaient : le passage des fortifications de Douai, un grand nombre de ponts mobiles, trois ponts tournants pour chemins de fer, sans compter des coudes brusques et des rétrécissements amenant des encombrements ; la traversée du bassin Joinville au canal de la Sensée, exigeait, pour quelques kilomètres, environ deux jours et demi.

La dérivation qui a supprimé cette situation très gênante consiste en un canal de 5 000 *m* de longueur avec des rayons de courbure qui ne descendent pas au-dessous de 900 à 1 000 *m*. Ce canal comporte deux écluses de 4,10 *m* de chute chacune ; la largeur est de 16,40 *m* au plafond. Les écluses, en deux sas, avec 61,40 *m* de longueur totale, ont des portes à un seul vantail avec 6 *m* de largeur et sont munies de tous les perfectionnements modernes ; aussi la durée du passage d'un bateau peut-elle être réduite à 11 minutes ; on peut faire 60 éclusées par journée de 15 heures. L'exécution du nouveau canal a duré vingt-huit mois et la

dépense totale peut être évaluée à 3 400 000 *f* dont 1 350 000 pour les ouvrages d'art.

On peut estimer la réduction des frais de traction amenée par l'établissement de cette dérivation à 0,10 *f* par tonne, ce qui donne 300 000 *f* par an ; si on ajoute 200 000 *f* pour la réduction de deux jours sur le trajet, on arrive à une économie annuelle de 500 000 *f*.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JANVIER 1897.

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE.

Séance du 9 janvier 1897.

Note sur **le chauffage, pendant la saison d'hiver, de l'air circulant dans les puits de mine,** à parois humides, par M. PETIT, Ingénieur en chef de la Compagnie des Houillères de Saint-Étienne.

Dans les puits de mines dont les parois sont humides, il se forme, en hiver, des stalactites de glace et la chute des glaçons au dégel peut occasionner des avaries au matériel et, ce qui est plus grave, des accidents au personnel.

Les moyens employés jusqu'ici pour remédier à cet inconvénient et qui sont : l'emploi de grilles remplies de coke incandescent placées dans les cages et qu'on fait circuler la nuit dans les puits, des grilles semblables installées à l'orifice des puits, de la vapeur d'eau envoyée dans les puits par un tuyau circulaire percé de trous, etc., ne sont pas d'une efficacité réelle et donnent lieu à des difficultés. On a essayé, au puits du Treuil n° 2, de chauffer une partie de l'air aspiré dans le puits à une température telle, qu'après brassage, le mélange d'air chaud et d'air froid fût encore à quelques degrés au-dessus de zéro.

L'air est chauffé dans un calorifère formé de tubes autour desquels circulent les gaz fournis par la combustion de combustible brûlé sur une grille. On a employé de vieux tubes de chaudières donnant une surface de chauffe totale de 170 m^2, soit une surface totale de 190 m^2 pour le calorifère. On peut chauffer 50 m^3 par seconde à 300°.

Les résultats ont été très satisfaisants et la dépense ne dépasse pas 400 *f* par campagne.

Le coût de l'installation s'est élevé à 15 000 *f*, dont 4 500 *f* pour un ventilateur qui sert également à un autre usage.

Note sur un calorifère à vapeur, par M. DUC.

Au puits Combes, à Roche-la-Molière, pour régulariser le courant d'air qui montait par le puits, on a été conduit à réchauffer la colonne d'air au moyen d'un calorifère à vapeur.

Ce calorifère présentait une surface de 62 m^2 et donnait à l'air une élévation de température de 15°, il était formé de tubes en fer de 40 *mm*

de diamètre et 20 à 25 *m* de longueur, reliés à une couronne de tuyaux de cuivre de 60 *mm* de diamètre, Il a été employé dans un but temporaire, mais pourrait servir au chauffage de l'air pénétrant dans le puits comme l'appareil précédent.

Concours ouvert pour l'année 1897.

La Société de l'Industrie minérale crée un concours dans chacune des trois sections de la Société, Mines, Métallurgie, Mécanique et Constructions, et institue, dans chacune de ces sections, des prix devant être décernés aux meilleurs mémoires présentés par les Membres de la Société sur un certain nombre de questions indiquées dans le programme.

DISTRICT DU SUD-EST.

Séance du 29 novembre 1896.

Note sur **le parachute Bruno-Moustier.**

Ce parachute, inventé par M. Bruno-Moustier, chef de service aux mines de Valdonne, est basé sur un principe qui diffère de celui des appareils actuellement en usage. En effet, le ressort antagoniste, au lieu d'exercer lui-même la pression retardatrice du mouvement de la cage en chute libre, se borne à pousser en avant une pièce qui vient se coincer sur le guidage.

Installations d'éclairage électrique de la ville d'Alais.

La force motrice de l'usine électrique d'Alais est fournie par deux chaudières auxquelles pourra être adjointe plus tard une troisième. Ce sont des chaudières semi-tubulaires à bouilleurs et foyer extérieur, timbrées à 7 *kg*, desservies par une cheminée en briques de 35 *m* de hauteur.

La vapeur arrive dans un collecteur placé sur la conduite et muni d'un purgeur automatique du système Lumpp.

Les machines fournies par les ateliers Weyher et Richemond sont à un seul cylindre chacune avec quatre distributeurs Corliss à déclenchement instantané.

Les cylindres ont 0,90 *m* de course et 0,42 *m* de diamètre. Elles peuvent fournir 150 *ch* en marchant à condensation avec de la vapeur à 6 *kg* de pression et sont munies d'un système d'arrêt automatique propre aux constructeurs et amenant l'arrêt de la machine en cas de non-fonctionnement du régulateur ou de perturbation de quelque partie de la machine.

Des courroies, de 0,40 de largeur, actionnent les dynamos du type Brown-Bovery, à courant continu et pôles conséquents. Ces dynamos, à excitation dérivée, donnent 300 ampères chacune, soit 600 par machine à vapeur à 700 tours et 150 volts.

Les machines dépensent, à la puissance de 80 *ch*, 6,8 *kg* de vapeur sèche par cheval indiqué, 8,4 par cheval effectif et 10,7 *kg* par cheval électrique.

Le réseau est double et à 5 fils dont 2 pour la ville, 2 pour les particuliers et 1 fil neutre commun aux deux réseaux. Ces deux réseaux sont complètement fermés sur eux-mêmes et alimentés par les dynamos au moyen de trois feeders doubles ou six feeders, soit 3 pour la ville et 3 pour les particuliers.

L'éclairage de la ville comprend 44 lampes à arc de 6 ampères, 100 lampes à incandescence de 16 bougies et 230 de 10 bougies.

Les conditions d'éclairage sont pour la ville : lampes à arc 250 *f* pour les 40 premières et 325 *f* pour les suivantes, lampes à incandescence de 16 bougies 50 *f* jusqu'à minuit et 75 *f* jusqu'au jour et pour les lampes de 10 bougies 40 et 60 *f*; éclairage à l'heure des bâtiments communaux 0,03 *f* pour les lampes à incandescence de 16 bougies et 0,02 *f* pour celles de 10.

Pour les particuliers, les prix sont un peu plus élevés, 0,035 *f* et 0,025 *f* l'heure pour les deux classes de lampes à incandescence et 400 et 250 *f* l'an pour les lampes à arc suivant la puissance.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de Janvier 1897.

Rapport annuel pour l'exercice 1896, présenté par MM. A. Thierry-Mieg et Mathieu-Mieg, secrétaires par intérim.

L'effectif de la Société industrielle était, au 31 décembre 1896, de 559 membres titulaires, 56 membres correspondants et 8 membres honoraires, total 623 membres.

Les recettes totales pour l'exercice 1896 se sont élevées à M. 89 719, dont 23 664 pour les cotisations, 31 676 pour les intérêts des titres représentant des fondations, 3 200 pour d'autres intérêts et 10 000 environ pour divers loyers.

Les dépenses ont été de M. 86 885; sur ce chiffre, l'impression du bulletin figure pour 11 741, les traitements des agents pour 9 395, les dépenses de l'école de dessin pour 15 910, celles de l'école de chimie pour 4 800, celles de l'école d'art professionnel de jeunes filles pour 8 264, l'entretien des bâtiments pour 5 528, etc.

Rapport sur la **marche du musée historique,** par M. Mathieu Mieg.

On a dépensé pour le musée historique, en 1896, 4 179 *f* dont 1 300 *f* pour les appointements du conservateur et de son aide, 1 528 pour les frais de publication du bulletin, etc.; ces dépenses ont été couvertes par diverses ressources, dont 2 670 *f* provenant de cotisations, 625 d'une subvention de la Société industrielle, 1 000 *f* d'un legs, etc. Il a été, de plus, recueilli par souscription un fonds d'acquisition s'élevant à 6 048 *f* et dont les intérêts ne représentent que moins de 200 *f* par an, somme

très insignifiante, si on observe que les acquisitions ont souvent atteint 1 000 et 1 500 *f* par an et ont été de 800 *f* en 1896.

Essai d'une nouvelle lampe électrique à arc, système Jandus; par M. C. Pierron.

Dans cette lampe l'arc se forme à l'abri du contact de l'air dans une capsule cylindrique en verre ; le joint est fait dans le haut par une rondelle d'amiante et dans le bas par un disque métallique formant ressort.

L'oxygène de l'air présent dans la capsule au début est rapidement absorbé et il ne reste plus que de l'oxyde de carbone et de l'azote. L'usure des charbons se trouve ainsi très retardée; un solénoïde règle le rapprochement des charbons.

La longueur de l'arc est en moyenne de 8 *mm*; la lumière est plus bleue que celle d'une lampe ordinaire, la tension de l'arc varie entre 75 et 78 volts; on peut la monter à 110; la durée des charbons est environ quinze fois celle des lampes ordinaires ; la sécurité est plus grande au point de vue des chances d'incendie, mais, par contre, la lumière éprouve des variations d'intensité et la consommation en watts est supérieure à celle de la lampe ordinaire. Ces défauts pourront être probablement corrigés.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 30 janvier 1897.

Description d'une partie du chemin de fer sud-africain, par M. Westenberg.

On sait que le chemin de fer de Prétoria, capitale du Transvaal, à la mer a été construit par des Ingénieurs hollandais. L'auteur décrit une section de ce chemin de fer qui présentait des difficultés de terrain de toute sorte et dont la longueur est de 9 kilomètres. On n'a pu surmonter les obstacles qu'en admettant des inclinaisons considérables, des courbes de faible rayon, un tunnel, etc. Le mémoire est accompagné d'un plan général et d'un profil en long.

Description d'une roue à aubes, systéme Paul, par l'inventeur.

Cette roue a été installée au polder d'Elsbroek; elle a 3,55 *m* de diamètre et 0,62 *m* de largeur. Les aubes ont une forme particulière, grâce à laquelle elles pénètrent plus facilement dans l'eau et la remontent d'une manière plus avantageuse. On obtient ainsi un rendement supérieur à celui des systèmes actuellement en usage.

Production de vapeur dans les chaudières par M. Elink Sterck. — Dans ce mémoire, l'auteur discute les formules qu'il a données dans un mémoire précédent.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Essai des machines actionnant les roues élévatoires de Schellingwonde, par M. Baucke. — Ces machines, d'une puissance de 300 *ch*, ont été construites par la Société anonyme du Phœnix, à Gand; elles ont coûté 149 500 florins. Le résultat des essais a été complètement satisfaisant.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 6. — *6 février 1897.*

La transmission de la chaleur, résultats d'expériences faites sur la question, par R. Mollier.

Tramways électriques, par G. Rasch.

Détermination de la section des poutres continues à paroi pleine, par A. Meves.

Installation de condensation à l'Exposition industrielle de Berlin en 1896, par Max Westphal.

Groupe de Berlin. — Nouveautés dans les moteurs à gaz au point de vue de l'allumage instantané.

Bibliographie. — Manuel d'hygiène industrielle, par H. Albrecht. — Instruments de mesures pour l'hydrostatique, par O. Krellsen.

N° 7. — *13 février 1897.*

Les locomotives à l'Exposition nationale bavaroise, à Nuremberg, en 1896, par E. Brückmann *(suite)*.

Nouveaux concours pour des ponts, par R. Krohn.

La transmission de la chaleur, résultats d'expériences faites sur la question, par R. Mollier *(fin)*.

Groupe de Wurtemberg. — Manœuvre centrale, par l'électricité, d'aiguilles et de signaux, de Siemens et Halske. — Le chemin de fer de la Jungfrau. — Nouvelle plume à écrire et à dessiner de E. Pongs.

Variétés. — Fréquentation des écoles techniques supérieures de l'empire allemand, dans le semestre d'hiver 1896-97.

N° 8. — *20 février 1897.*

Les locomotives à l'Exposition nationale bavaroise à Nuremberg en 1896, par E. Bruckmann *(fin)*.

Entretiens sur la mécanique appliquée, par Holzmüller.

Les marines militaires actuelles, par Mendeck *(suite)*.

Pyromètre thermo-électrique Le Chatelier, par L. Holborn.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Une nouvelle unité de travail.

Groupe de Wurtemberg. — Écoles de contremaîtres.

Variétés. — Statistique des opérations du bureau impérial des patentes d'inventions en 1896.

Correspondance. — Conditions d'admission aux écoles techniques supérieures. — Régulateurs centrifuges à pendule.

N° 9. — *27 février 1897.*

Expérience sur la résistance du granit à la compression, à la traction, à la flexion, etc., et les allongements correspondants, par C. Bach.

Station centrale électrique d'éclairage et de force des ateliers d'Altofen de la Société I. R. P. de navigation à vapeur sur le Danube.

Entretiens sur la mécanique appliquée, par Holzmuller *(suite).*

Groupe de Berlin. — Écoulement des gaz.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — L'éclairage artificiel sous le rapport de l'hygiène de la vue.

Bibliographie. — Tableaux graphiques relatifs à la résistance des fers profilés, des colonnes en fonte pleines et creuses et des piliers en bois.

BIBLIOGRAPHIE

Manuel du Mécanicien de chemins de fer, par M. P. Guédon, Chef de dépôt principal de la traction mécanique à la Compagnie générale des Omnibus. — Paris, librairie industrielle J. Fritsch, éditeur, 30, rue du Dragon.

Notre Collègue, M. P. Guédon, a bien voulu offrir à la bibliothèque de notre Société l'ouvrage dont le titre est donné ci-dessus et nous nous faisons un plaisir de le présenter à nos lecteurs.

L'auteur, qui a été chef de dépôt au chemin de fer de l'État, initié par conséquent à tous les détails pratiques de la conduite des machines, s'est proposé de mettre à la disposition des mécaniciens et chauffeurs un livre à leur portée, pouvant satisfaire dans des limites raisonnables à leur besoin légitime d'instruction sur les questions relatives à leur profession.

Les ouvrages de ce genre ne sont pas rares, à commencer par le premier et le plus connu de tous qui, dû à la collaboration de quatre ingénieurs éminents dont trois ont été présidents de notre Société, a eu plusieurs éditions, la dernière remontant malheureusement à plus de trente ans. Mais on doit reconnaître que la plupart de ces ouvrages, n'étant pas exclusivement à l'usage de la classe dont nous venons de parler, et visant beaucoup plus haut, ne se trouvent plus suffisamment à la portée de ces modestes et utiles agents.

L'auteur, comme il l'expose au début de l'ouvrage, est parti de ce point que ses lecteurs ordinaires connaissent pratiquement leur métier et il s'est proposé seulement de leur expliquer les raisons qui doivent les faire agir dans l'exercice de leur profession et aussi de satisfaire leur désir de s'instruire sur les divers points qui les intéressent. La limite à adopter dans un programme de ce genre est très difficile à fixer; on conçoit qu'il importe d'abord de renseigner les agents des chemins de fer français sur les faits dont ils sont témoins et le matériel dont ils ont à se servir; mais, d'autre part, en présence des progrès qui surgissent chaque jour, alors qu'ils peuvent voir journellemment, à des gares frontières, des machines présentant des dispositions différentes de celles avec lesquelles ils sont en contact habituel, est-il prudent de les leur laisser complètement ignorer, alors qu'elles peuvent être adoptées le lendemain sur leurs propres lignes, comme le cas s'est déjà présenté? M. Guédon ne l'a pas pensé; nous croyons, cependant, qu'il eût pu aller un peu plus loin qu'il ne l'a fait; mais, d'autre part, nous le comprenons très bien, il a cru nécessaire de restreindre son programme pour ne pas

être conduit à faire sortir son manuel des conditions de volume et de prix dans lesquelles il était indispensable de le maintenir en présence de la clientèle à laquelle il s'adressait.

Ces explications données, nous passerons rapidement en revue les grandes divisions dans lesquelles se partagent les matières traitées.

La première partie définit la locomotive et la classe en catégories. M. Guédon nous permettra une légère critique au sujet de sa classification qui parait incomplète. Elle repose, en effet, sur le nombre d'essieux accouplés et il y ajoute les machines-tender.

La distinction fondée sur le fait qu'une machine porte ou ne porte pas elle-même ses approvisionnements est absolument différente de celle qui est basée sur le nombre des roues accouplées ensemble. La vérité est que les locomotives peuvent être classifiées de beaucoup de manières. ainsi, il y a les locomotives à tender séparé et les locomotives-tender, les machines à simple et à multiple expansion, les classifications basées sur le nombre d'essieux, sur l'adhérence totale ou partielle, sur le nombre de cylindres, les machines simples et les machines doubles, les machines rigides et les machines articulées, etc., sans compter les distinctions basées sur l'emploi qu'on fait des locomotives dans l'exploitation.

La seconde partie décrit la locomotive comme véhicule et donne les détails nécessaires sur le châssis et ses accessoires ainsi que sur les dispositifs pour faciliter la circulation dans les courbes.

La troisième partie donne les notions élémentaires sur la chaleur, les gaz, les combustibles, etc., et s'étend sur les principes des opérations qui constituent la combustion et la vaporisation.

Dans la quatrième est traitée très complètement la question de l'appareil dans lequel s'effectuent ces opérations, c'est-à-dire la chaudière. On y trouve la description des diverses parties, les différents modes de construction, les appareils accessoires du générateur, etc.

Enfin, la cinquième partie, la plus considérable, contient tout le reste. mécanisme, distributions, cette dernière question traitée avec des détails très complets, notamment en ce qui concerne les distributions perfectionnées, locomotives compound, stabilité, travail de la vapeur, résistance à la marche des trains, contre-vapeur, conditions d'établissement des locomotives, conduite des machines, avaries, etc. Il nous semble que cette partie capitale aurait gagné à être coupée en subdivisions séparant des questions très différentes et qu'en général l'ouvrage aurait pu être établi avec une classification plus méthodique que celle que l'auteur a cru devoir adopter.

Cette légère critique de détail, que M. Guédon pourra peut-être prendre en considération, dans une certaine mesure, pour sa prochaine édition, ne nous empêche pas de rendre justice à la manière dont l'ouvrage est conçu et rédigé. Les descriptions sont claires et accompagnées de figures dans le texte, choisies parmi les meilleurs exemples. Enfin, on y trouve un certain nombre de tableaux fournissant des documents utiles pour le sujet dans le domaine de l'arithmétique et de la physique.

Nous ne doutons pas que ce petit manuel ne remplisse parfaitement le but que se propose son auteur et qui est de développer chez les lecteurs auxquels il s'adresse le goût du travail et l'esprit d'observation indispensables aujourd'hui pour exercer leur dure profession dans les conditions les plus avantageuses pour eux et pour ceux qui les emploient. Il sera également consulté avec fruit par toutes les personnes qui, en dehors de cette clientèle spéciale, s'intéressent aux locomotives, au point de vue pratique.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :

A. MALLET.

Le Gérant, Secrétaire administratif,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 5408-3-97. — (Encre Lorilleux)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1897

N° 3

Sommaire des séances du mois de mars 1897 :

1° *Lettre de M. Chapat* (Séance du 5 mars), page 239;

2° *Décès* de MM. A.-L.-P. Biarez, A. Camoin, F.-H.-E. Collignon, R.-A. Prouteaux (Séance du 5 mars), page 239;

3° *Décorations* (Séances des 5 et 19 mars), pages 240 et 248;

4° *Nominations :*

De M. A.-M. Guilbert-Martin, comme membre des Comités d'admission et président du Comité V *bis* (Céramique et verrerie) à l'Exposition de Bruxelles (Séance du 5 mars), page 240;

De M. Gandillon, comme membre du sous-comité de l'arrondissement de Senlis pour l'Exposition de 1900 (Séance du 5 mars), page 240;

De M. Ch. Chapat, comme membre du sous-comité de l'arrondissement de Marmande pour l'Exposition de 1900 (Séance du 5 mars), page 240;

5° *Exposition industrielle et commerciale à Vesoul, le 20 juin 1897* (Séance du 5 mars), page 240;

6° *Travaux publics à exécuter à l'étranger. Communiqués du ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes* (Séances des 5 et 19 mars), pages 240 et 248;

7° *Voyage du Sénégal au Dahomey. Pénétration française au Soudan*, par M. le lieutenant de vaisseau Hourst (Séance du 5 mars), page 240;

8° *Chemin de fer du Sénégal au Niger* (Le), par M. le capitaine du génie Calmel (Séance du 5 mars), page 244 ;

9° *Assemblée générale de l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des colonies, à Compiègne, les 25, 26, 27 mars 1897.* Délégués, MM. Gallois, Horsin-Déon, Lefranc, Macherez, Nativelle et Vivien (Séance du 19 mars), page 248;

10° *Télégramme des Ingénieurs russes, au sujet du cinquantenaire de la Société* (Séance du 19 mars), page 248;

11° *Exposition générale italienne à Turin en 1898 et proposition de nommer M. le Président de la Société comme membre du Comité français de cette exposition. Communiqué de l'ambassade d'Italie* (Séance du 19 mars), page 249 ;

12° *Dons volontaires :*

De M. F. Ancora Lins de Vasconcellos	100 *f*
De M. E. de Alvarenga Peixoto	100
De M. Ramos da Silva	100
De M. A.-G. Mestayer	100

(Séance du 19 mars), page 249 ;

13° *Frottement des liquides*, par M. Petroff (Séance du 19 mars), page 249 ;

14° *La Revue de mécanique* (Présentation à la Société d'une nouvelle publication périodique), par M. A. Brüll (Séance du 19 mars), page 249;

15° *L'Eau à New-York et communication d'une lettre de M. Fteley*, par M. J. Fleury (Séance du 19 mars), page 251 ;

16° *Fonte du bronze d'art d'un seul jet* (la), par M. E. Maglin et observations de MM. J. Gaudry, S. Périssé, Roger, E. Badois (Séance du 19 mars), page 252;

17° *Inauguration du Canal des Portes-de-Fer et l'Exposition Millénaire de Budapest*, par M. E. Horn (Séance du 19 mars), page 254 ;

Mémoires contenus dans le bulletin de mars 1897 :

18° *Le chemin de fer du Sénégal au Niger*, par M. le capitaine du génie Calmel, page 257 ;

19° *La fonte du bronze d'art d'un seul jet*, par E. Maglin, page 301 ;

20° *Production et applications industrielles de l'ozone*, par M. M. Otto, page 310 ;

21° *Chronique* n° 207, par M. A. Mallet, page 339;

22° *Comptes rendus*, — page 353 ;

23° *Bibliographie*, par M. A. Brüll, page 364;

Pendant le mois de février 1897, la Société a reçu :

36517 — Du Government of Bengal. *Revenue Report of the Public Works. Department Irrigation, Branch Bengal, for the year 1895-96.* Calcutta, 1896.

36518 — De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). *Remarks of Mr. E.-L. Corthell, Civil Engineer, the Committee on Rivers and Harbours at a Meeting held on Board Steamship, whitney on the Mississipi River, January 28, 1897, having under Consideration Bill H. R. 9492 54 th. Congress 2 d Session entited a Bill* (in-8° de 24 p.). Washington, 1897.

36519 — De la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Annuaire pour l'année 1897*. Paris, Chamerot et Renouard, 1897.

36520 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Rayons cathodiques et rayons X, par J.-L. Breton* (La Revue scientifique et industrielle de l'année 1896. 1re Partie) (in-4° de 113 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1897.

36521 — De M. Pierre Guédon (M. de la S.). *Manuel du mécanicien de chemin de fer, par Pierre Guédon* (in-16 de 333 p. avec 131 fig.) (Bibliothèque du mécanicien). Paris, J. Fritsch, 1897.

36522 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les piles électriques, par Ch. Fabry* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire, publiée sous la direction de M. Léauté) (petit in-8° de 170 p. avec 34 fig.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1897.

36523 — De Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums. *Sechsunddreissigstes Bulletin der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich, Dezember 1896.*

36524 — De l'Association Française pour l'Avancement des sciences. *Association Française pour l'Avancement des sciences. Compte rendu de la 25e session, Carthage (à Tunis), 1896. 2e Partie, Notes et Mémoires.* Paris. Secrétariat de l'Association, 1897.

36525 — De M. Czyszkowski (M. de la S.). *Un gîte de fer en Espagne. El. Conjuro. Termino de Busquistar (Granada) appartenant à M. Adolfo Bayo. Annexe au Rapport M. Czyszkowski de février 1895. Février 1897* (in-8° de 17 p. avec 2 pl.). Paris, Imprimerie nouvelle de Bois-Colombes.

36526 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Chemin de fer à voie étroite (écartement de 1 m) Alpanach-Stans-Altorf, par Emile Lussy* (in-4° de VIII-77 p. avec 1 carte).

36527 — De la Société d'agriculture, science et industrie de Lyon. *Annales de la Société d'agriculture, science et industrie de Lyon. Septième série. Année 1896*. Lyon, A. Rey, H. Georg. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1897.

36528 — De M. A. Minet, par l'intermédiaire de M. Frémont (M. de la S.). *L'électro-chimie. Revue mensuelle des sciences et de l'industrie. L'aluminium et ses alliages. Directeur Adolphe Minet*. Juillet 1895 à février 1897 (format in-4°). Paris, Bernard Tignol.

36529 — Du Ministère des Travaux publics. *École nationale des Ponts et Chaussées. Cours de travaux maritimes, par le baron Quinette de Rochemont* (in-4° de 664 p. autog.).

36530 — De M. Francq (M. de la S.). *Tramway mécanique de Saint-Germain à Poissy (Traction à vapeur surchauffée, système Francq-Mesnard). Sommet de la rampe de Poissy et station de Poissy* (2 photog. 540 × 430). Saint-Germain-en-Laye, L. Bichon.

36531 — De l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale. *Annuaire de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures, 1832-1896*. Paris, Siège de l'Association, 1897.

36532 et 36533 — De l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand. *Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand. Fascicules huitième et neuvième.* Clermont-Ferrand, Louis Bellet, 1895 et 1896.

36534 — De M. A. Picard, Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900. *Plans, dessins et perspectives des nouveaux Palais des Champs-Élysées* (12 feuilles 560 × 450 photog.). Paris, Larcher.

36535 — De MM. G. Carré et C. Naud, éditeurs. *L'éclairage à l'acétylène. Historique, fabrication, appareils, applications, dangers, par Georges Pélissier* (Bibliothèque de la Revue générale des sciences) (in-8° carré de 237 p. avec 102 fig.). Paris, Georges Carré et C. Naud, 1897.

36536 — De MM. P. Vicq-Dunod et Cie (M. de la S.). *Architecture, par Albert Hébrard* (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics) (in-16 de 434 p. avec 371 fig.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

36537 — Dito. *Photographie, par François Miron* (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics (in-16 de 437 p. avec 154 fig.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

36538 — *République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris. Actes organiques* (in-8° jésus de 172 p.).Paris, Imprimerie nationale, 1897.

39539 — De MM. Aulanier et Cie, éditeurs (M. de la S.). *Fermes de combles. Dimensions des flèches. Charpente en bois. Types usuels, par P. Planat* (Bibliothèque de la Construction moderne, publiée sous la direction de M. P. Planat) (2 vol. in-f° 480 × 350 de 69 p. avec 154 pl.). Paris, Aulanier et Cie.

36540 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Procédés de forgeage dans l'industrie, par C. Codron* (Extrait du Bulletin technologique, 1896, de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers) (petit in-8° de 554 p. avec atlas même format de 47 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1897.

36541 — De la Königliche Technische Hochschule zu Berlin. *Ueber innere Auschaung und bildliches Denken. Rede in der Aula der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin am 26 Januar 1897 gehalten von dem zeitigen Rektor Guido Hauch* (grand in-8° de 20 p.). Berlin, 1897.

36542 — De M. E.-S. Auscher (M. de la S.). *Les briques émaillées. Leur fabrication d'après de nouveaux procédés, leur cuisson économique, par E.-S. Auscher* (petit in-8° de 16 p.). Versailles, L. Pavillet, 1897.

36543 — Du Ministère du Commerce. *Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle de 1900. Direction générale de l'exploitation. Section française. Comités départementaux. Circulaire n° 3* (in-8° de 7 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1896.

36544 — Dito. *République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Règlement général.* Paris, Imprimerie nationale, 1897.

36545 — Dito. *République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Classification générale annexée au décret du 4 août 1894 portant règlement général* (grand in-8° de 62 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1897.

36546 — De M. S.-L. Dulac. *Notice relative à un nouveau procédé de fondation économique et rapide dans les terrains de consistance insuffisante, par S.-L. Dulac* (petit in-8° de 12 p.). Paris, Chatriaux.

36547 — De M. A. Minet. *L'aluminium. Deuxième partie. Alliages. Emplois récents, par Adolphe Minet* (in-16 de 340 p.) (Bibliothèque des Actualités industrielles, n° 49). Paris, B. Tignol.

36548 — De la Secretaria de Fomento de la República Mexicana. *Memoria sobre el cultivo del tabaco, por Carlos Krausse* (petit in-8° de 112 p. et 5 tableaux). Mexico, 1893.

36548 bis — De M. Jean Brik. *Die Knickfestigkeit in Theorie, Versuch und Praxis von Friedrich von Emperger* (in-4° de 13 p.). Wien.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mars 1897, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

E.-J. Barbier,	présenté par MM.	Lippmann, Chalon, Clamens.
A. Bœringer,	—	Canet, Delmas, Dehaitre.
P. Bour,	—	Lippmann, Dumont, Rey.
G.-E. Breuillard,	—	Besson, Jannettaz, Ruchonnet.
A. Butin,	—	Lippmann, Bricogne, Grouvelle.
A.-J.-B. Cance,	—	Dumont, Baignères, Jousselin.
H.-L.-A. Constantin,	—	Cossmann, Le Cœur, Franck de Préaumont.
E.-F. Cousin,	—	Brulé, Jacquin, Krieg.
G.-E. Degouet,	—	Liébaut, Mesureur, P. Roux.
J.-A.-D. Duparchy,	—	Molinos, Dollfus, Seyrig.
H.-A. Durand,	—	Besson, Jannettaz, Ruchonnet.
T. Dutreux,	—	Buquet, Jordan, Jannettaz.

A. Dutreux, présenté par MM. Buquet, Jordan, Jannettaz.
H. de Fontbonne, — Gottschalk, Molinos, Giraud.
E.-B. Francfort, — Bert, Krieg, Zivy.
A.-G. Gautier, — Lippmann, Joubert, Bellanger.
E.-C. Jacquin, — Lippmann, Guérin, Lippmann fils.
A. Jolly, — Anceau, Pommier, Delaporte.
H.-E.-L. Joret, — Dumont, Baignères, Jousselin.
A.-J.-J. Landmann, — Hennerick, Bocquet, Avisse.
A.-A.-L. Lefèvre, — Chardon, Hillairet, Lavezzari.
A.-A.-J. Linderboom, — Bert, Baignères, Jannettaz.
L.-J. Louvet, — Lippmann, Mallet, Forest.
G.-E. Majoux, — Dumont, Baignères, Jousselin.
F.-V. Manaut, — Dumont, Hignette, S. Périssé.
J. Manoach, — Demmler, Pontzen, de Dax.
Ch.-E.-L. Merville, — Jolibois, Maris, Raffard.
L.-E. Meunier, — Lippmann, Guérin, Jaunet.
H.-A. de Neufville, — Liébaut, Richemond, Weyher.
Ch.-L. Peltier, — du Bousquet, Keromnès, Rodrigue.
J.-E. Perret, — Dumont, Baignères, Jousselin.
E. Perroud, — du Bousquet, Forest, Roger.
L.-E. Philippe, — Desouches, Leprêtre, Saillard.
M. Pisca, — Dumont, Baignères, Jousselin.
L.-A. Secrétant, — Lippmann, Jaunet, Logre.
L.-A. Sergent, — Lippmann, Delmas, Fischer.
E.-L. Sergot, — Lippmann, Lippmann fils, Joubert.
F.-A. Singre, — Lippmann, Delaunay-Belleville, Liébaut.
G. Wauquier, — Lippmann, Guérin, Lippmann fils.
H.-J.-J. Worms, — Dumont, Baignères, de Nansouty.

Comme membres associés, MM. :

A.-F. Ambroise, présenté par MM. Lippmann, Delmas, Fischer.
F. Arnal, — Lippmann, Lippmann fils, Gallais.
Ch.-P. Brigonnet, — Buquet, Asselin, Mitarnowski.
F. Dreyfus, — Bourdon, Lippmann, Rambaud.
P.-J. Franck, — de Dax, Marillier, Mercier.
E.-J. Franck, — de Dax, Marillier, Mercier.
H.-L. Laurette, — Lippmann, Delmas, Fischer.
L.-A. Maricot, — Frémont, Brulé, de Dax.
A.-G. Niclausse, — Bougarel, de Dax, Niclausse.
Ch.-F. de Watteville, — Besson, Jannettaz, Ruchonnet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 MARS 1897

Présidence de M. Ed. Lippmann, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

Dans une lettre adressée à M. le Président, M. Ch. Chapat signale, comme suite aux procès-verbaux des séances du 22 janvier et du 19 février derniers, qu'il fait usage depuis longtemps d'une grille ne comportant aucun droit de brevet, sur laquelle on brûle très facilement les menus de charbon et le poussier de coke contenant un peu de grésillon ou de menu.

M. le Président a le regret d'annoncer les décès de :

M. A.-L.-P. Biarez, Membre de la Société depuis 1876, Ingénieur en chef du Service central de la Compagnie du Chemin de fer du Nord de l'Espagne, chevalier de la Légion d'honneur;

M. Alphonse Camoin, Membre de la Société depuis 1880, Ingénieur de la Société de construction des Batignolles;

M. F.-H.-E. Collignon, Membre de la Société depuis 1880, a été directeur des Ateliers J.-F. Cail et Cie, Inspecteur général de l'Enseignement technique supérieur, Maire de Saint-Lambert, Chevalier de la Légion d'honneur;

M. R.-A. Prouteaux, Membre de la Société depuis 1867, a été sous-gérant de l'Entreprise de la Manufacture d'armes de guerre de Châtellerault.

Une notice nécrologique sur notre regretté Collègue M. Camoin sera insérée dans un de nos prochains bulletins.

M. le Président a le plaisir de faire part des nominations suivantes :

M. A.-M. Guilbert-Martin a été nommé Membre des Comités d'admission et Président du Comité V *bis* (céramique et verrerie) à l'Exposition de Bruxelles ;

M. Gandillon a été nommé Membre du sous-Comité de l'Arrondissement de Senlis pour l'Exposition de 1900 ;

M. Ch. Chapat a été nommé Membre du sous-Comité de l'Arrondissement de Marmande pour l'Exposition de 1900 ;

M. G. Duparc a été nommé Officier de l'Instruction publique.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus particulièrement l'ouvrage de M. Pierre Guédon intitulé : *Manuel du mécanicien de chemin de fer.*

M. le Président annonce qu'une Exposition industrielle et commerciale doit s'ouvrir, le 20 juin 1897, à Vesoul et que le Ministère du Commerce et de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, a adressé un avis d'adjudication de travaux maritimes au port d'Ostende. Des documents concernant l'Exposition de Vesoul et l'adjudication, sont déposés au Secrétariat, où les Membres de la Société intéressés peuvent les consulter.

M. le Président, avant de donner la parole aux deux orateurs qui ont bien voulu nous consacrer une soirée, tient à remplir l'agréable devoir de souhaiter la bienvenue aux dames qui, pour la première fois, constituent une partie de notre auditoire ; il les remercie d'avoir si bien répondu aux invitations qui leur ont été adressées, et il espère qu'elles reviendront encore et souvent apporter à nos réunions le charme de leur présence, toutes les fois qu'elles trouveront, dans nos ordres du jour, l'annonce d'une communication pouvant les intéresser à un titre quelconque.

M. le Président remercie également M. le Général Archinard de l'honneur qu'il fait à la Société en acceptant de prendre place au bureau, pour entendre parler du Dahomey, du Sénégal, du Soudan français, brillants théâtres de ses valeureux exploits. (*Vifs applaudissements.*)

Enfin M. le Président énonce les sujets qui vont être traités par M. le lieutenant de vaisseau Hourst et M. le capitaine du génie Calmel ; et en attendant qu'il ait à les féliciter de ce qu'ils ont fait pour la plus grande gloire et la richesse du pays, il leur exprime toute sa reconnaissance pour ce qu'ils veulent bien faire aujourd'hui pour le renom de la Société des Ingénieurs Civils de France. (*Bravo ! bravo ! Longs et vifs applaudissements.*)

Puis il donne la parole à M. le lieutenant de vaisseau Hourst.

M. le lieutenant de vaisseau Hourst expose tout d'abord les origines du voyage qu'il vient d'effectuer et auquel a pris part le Père Hacquart, de la congrégation des Pères Blancs, qui fait partie de l'auditoire.

On savait le Niger navigable de Bamako à Tombouctou, mais pouvait-on descendre ce fleuve jusqu'à la mer ? M. Hourst proposa au ministre des Colonies de descendre le Niger jusqu'à la mer en partant de Saint-Louis en remontant le Sénégal jusqu'à Kayes, en empruntant la route qui s'étend de Kayes à Bamako pour rejoindre le Niger.

La mission partit avec trois embarcations dont une démontable en aluminium. Ces embarcations avaient de 10 à 15 *m* de longueur et calaient 0,30 *m* et 0,70 *m*.

Le 22 janvier 1896, la mission quittait Kabara, port de Tombouctou, et se lançait vers l'est inconnu.

Après Kagha, elle prit contact avec les Touareg Igouadaren déjà soumis, et elle arriva sans encombre au village important de Tosaye.

C'est à partir de ce moment que le conseil donné par un habitant de Tombouctou, ami de la France, dut être mis à profit. L'explorateur allemand Barth avait parcouru en 1853 et 1854 la boucle du Niger, de Say à Tombouctou et était revenu, en suivant la rive du fleuve, à Say. Son voyage avait laissé chez les tribus touareg une impression profonde ; une prophétie annonçait la venue prochaine de son fils. Le conseil donné au lieutenant de vaisseau Hourst consistait à faire croire aux populations qu'il était le fils de Barth, et c'est grâce au souvenir du grand voyageur allemand que la mission put arriver saine et sauve à Say.

A Tosaye, les Tademeket voulurent déclarer la guerre aux Européens ; pendant plusieurs jours, ils suivirent les berges avec des démonstrations tout à fait hostiles. M. Hourst, en s'adressant à un chef de village qui avait été compagnon de Barth, fit intervenir le souvenir de son prédécesseur et put ainsi obtenir des vivres et un guide. A 25 kilomètres au-dessus de Gao, un messager venu du Sud vint trouver la tribu qui suivait toujours les embarcations et tout le monde se dispersa. A partir de cet instant, la rive droite du fleuve devint libre, la rive gauche n'ayant cessé de rester neutre.

En arrivant à Gao, les rives étaient couvertes de guerriers touareg armés. Madidou avait pris des mesures défensives à l'annonce de l'arrivée de la mission. Un émissaire lui fut envoyé pour bien faire connaître les intentions pacifiques des Européens. Madidou fut satisfait d'apprendre qu'il pourrait désormais se rendre à Tombouctou sans crainte puisque les blancs y avaient établi leur domination, et il donna l'assurance à l'explorateur qu'il n'aurait rien à craindre jusqu'à Say tant qu'il resterait dans ses États. Cette promesse fut absolument tenue et l'orateur constate que la loyauté dans la parole est une caractéristique des Touareg. Cependant les Touareg sont pillards, et ils ont cela de commun avec toutes les tribus nomades ; ils ne s'attaquent qu'à des gens armés, ne massacrent pas leurs prisonniers, et le pillage est chez eux une des formes de la guerre.

Les Touareg ne s'opposeront jamais au passage des caravanes, au commerce. Ils formeront, au contraire, une protection contre les voleurs, et prélèveront naturellement des droits de douane sur les caravanes qui passeront dans leur pays.

Toutes les qualités des Touareg viennent de l'influence de la femme qui occupe dans cette société une place prédominante.

Le caractère du chef touareg est également le courage, ce qui ne se rencontre dans aucune population noire du Soudan où chaque chef, qu'il s'appelle même Samory, se tient derrière les hommes et, s'il est battu, est le premier à s'enfuir. Le chef touareg est toujours à la première place et le plus exposé au combat.

M. Hourst est persuadé que c'est par les Touareg que l'on pourra aller de l'avant et réunir les deux grandes colonies de l'Algérie et du Soudan francais. *(Vifs applaudissements.)*

A partir de Fafa commencent, à proprement parler, les rapides du Niger qui se succèdent à intervalles très rapprochés. Dans une période d'un mois, la mission en rencontrait quatre ou cinq par jour.

Les passes sont d'autant plus dangereuses qu'il existe des écueils qu'il est presque impossible d'éviter, une fois que l'on se trouve engagé dans le courant. Il n'est donc pas étonnant que plusieurs accidents soient survenus aux embarcations, et même, il est vraiment miraculeux qu'on n'ait eu à déplorer la perte d'aucune d'elles.

Au fur et à mesure que l'on approchait de Sinder, les guides, qui étaient d'autant plus nécessaires que le fleuve se divisait en un grand nombre de petits bras dont un était navigable sur dix, devenaient presque impossibles à trouver ; cela tenait à ce que le souvenir de Barth ne protégeait plus la mission dans cette contrée, qui conservait encore l'impression fâcheuse d'explorateurs qui lui avaient succédé.

Ahmadou, chef des Toucouleurs, s'est établi à Dounga, mais sa puissance a bien diminué. La présence d'Ahmadou qui ne serait pas dangereuse pour le Soudan, peut le devenir à cause de Samory. Samory fait la chasse aux esclaves et détruit 300 000 noirs par an dans des conditions que seuls peuvent apprécier les gens qui ont vu les villages pris par ce brigand. Les vieillards, les enfants, les infirmes sont tués et les autres exportés. Il n'y a pas d'alliance à contracter avec Samory comme on l'avait insinué et on doit le poursuivre comme une bête féroce qu'il est. *(Applaudissements.)*

Ahmadou n'ayant pas réussi à pousser les Touareg contre la mission, se contenta d'observer et ne se livra à aucune hostilité.

Arrivé à Say, le chef de la tribu accorda à l'explorateur un délai de deux jours pour partir de son village et c'est alors que les Européens se retirèrent dans une île où ils établirent des retranchements, et le commandant Hourst, en souvenir des sentiments de reconnaissance qu'il avait acquis durant les quatre années qu'il avait servi sous ses ordres, donna à ce campement le nom de Fort-Archinard. *(Applaudissements.)*

La mission resta cinq mois et demi à Fort-Archinard, le fleuve était bas, et il n'y avait pas grand danger à courir. Une seul fois, Ahmadou essaya, en vain, de soulever les peuplades, sous prétexte de donner la chasse à l'esclave.

Le 15 septembre, au moment des hautes eaux, la mission quitta Fort-Archinard; la série des rapides recommença et, bien que les indigènes fussent très accueillants, ils refusaient toujours des guides. A Boussa, il y avait deux craintes à avoir : l'hostilité des Anglais et leur bienveillance qui est beaucoup plus dangereuse. Des ordres avaient été donnés pour que cent hommes vinssent au secours de la mission dès qu'elle aurait été signalée. Les Anglais auraient été considérés comme des sauveteurs, et l'on n'aurait pas manqué, en France, de les remercier sans demander avis aux intéressés.

Quoi qu'il en soit, les rapides furent franchis sans guides, et ce n'est qu'au dernier qu'une fausse manœuvre faillit amener la perte d'un cha-

land. La mission arriva enfin à Leaba où sont établis des postes anglais et de là regagna la France.

Dans la seconde partie de la conférence, le lieutenant de vaisseau Hourst se propose de déterminer ce qu'on peut tirer des résultats obtenus et ce qui a été fait par ses prédécesseurs.

Deux questions se posent. Faut-il aller au Soudan ? Comment et par où ?

L'orateur examine la première question et prouve qu'au point de vue militaire et surtout au point de vue commercial, le Soudan a une grande importance.

On y trouve, en effet, des matières nouvelles à importer qui sont :

Tout d'abord, le Karité, qui donne aux indigènes une espèce de beurre avec lequel ils préparent leurs aliments. La Compagnie du Niger, qui en transporte de grandes quantités, l'achète 290 *f* la tonne et en fait du chocolat.

La gutta, qui se trouve en grande abondance au Soudan.

Le caoutchouc, dont le prix de vente serait de 0,25 *f* le kilogramme.

La cire, qui n'est pas utilisée par les indigènes.

La laine provenant de moutons superbes pourvus de toisons abondantes.

Les peaux. Il y a, dans les environs de Tombouctou, des troupeaux de moutons sans laine ainsi que des bœufs superbes.

La gomme, qui existe en grande abondance aux environs de Tombouctou.

Le coton, qui pousse sans soins au Soudan.

La soie végétale qui a été essayée à Lyon et que l'on trouve dans l'intérieur du fruit d'un arbre; elle se vendrait en France 15 à 20 *f* le kilogr.

L'indigo, l'ivoire sont en grande abondance à Tombouctou.

L'or, qui n'est peut-être pas en assez grande quantité pour affirmer qu'une exploitation serait rémunératrice.

Les plumes d'autruches et enfin le safran.

Par cette énumération, forcément incomplète, on voit que le Soudan est productif.

La question de la pénétration dans le Soudan, au point de vue de l'idée civilisatrice, est encore plus importante que la question d'argent qui vient d'être examinée.

En 1852, on exportait 722 *kg* d'arachides et, après avoir montré aux indigènes la manière de cultiver ce produit, on constatait qu'en 1895, l'exportation atteignait 62 millions de kilogrammes. Le noir est donc capable de travailler et il n'a besoin que de direction et de conseils.

Par où pénétrer au Soudan ?

L'orateur laisse d'abord de côté le transsaharien qui doit aboutir au lac Tchad, suivant l'auteur du projet.

Le transnigérien, qui avait été proposé, avait le grand inconvénient de passer dans des pays inconnus.

On a proposé également la pénétration par le Dahomey, en se dirigeant sur Boussa, mais on arrive encore à 600 *km* du point où le Niger est navigable.

Enfin, on est arrivé à un plan dangereux qui est de remonter le Niger,

Mais ce fleuve n'est pas navigable, comme on l'a vu au cours de cette conférence.

Reste une seule voie de pénétration, qui est celle préconisée par les généraux Faidherbe, Borgnis-Desbordes, Archinard.

La solution proposée consiste à relier le Sénégal à son terminus navigable avec le Niger. La partie du Niger qui s'étend de Koulikoro à Ansongo, soit sur une longueur de 1 700 *km*, est très navigable, et la construction de 400 *km* de voies ferrées se trouve suffisamment justifiée pour desservir une aussi grande étendue fluviale.

M. le lieutenant de vaisseau Hourst croit avoir convaincu l'auditoire que le véritable débouché du Niger ce n'est pas Lagos, mais bien Saint-Louis. C'est là que plus tard viendront s'accumuler les riches produits de ce pays que l'on saura joindre au Sénégal. C'est alors que l'empire colonial français sera réellement constitué et viendra contre-balancer les Indes anglaises.

Un Anglais a publié un ouvrage sur la plus grande Bretagne.

M. le lieutenant de vaisseau Hourst termine en disant que c'est de la façon dont les Français conduiront leurs colonies que résultera ou ne résultera pas la plus grande France. *(Applaudissements unanimes et répétés.)*

M. le Président dit à M. le lieutenant de vaisseau Hourst que les bravos enthousiastes de l'Assemblée témoignent, bien mieux qu'il ne saurait le lui exprimer, de l'intérêt avec lequel a été écouté son récit exposé avec un talent et une éloquence absolument remarquables. Tout l'auditoire a admiré chez le vaillant explorateur la bravoure et le sang-froid qui lui ont permis de traverser des peuplades méfiantes et guerrières sans coup férir, et sans perdre un seul de ses compagnons. Aussi peut-on être sûr que son souvenir et l'autorité de son nom seront d'un puissant secours pour tirer le meilleur parti de ses découvertes, de ses indications, dont les fruits seront recueillis à la suite des grands travaux dont va nous entretenir maintenant M. le capitaine du génie Calmel, à qui la parole est donnée.

Le capitaine Calmel refait d'abord sommairement l'historique de la question du chemin de fer du Sénégal au Niger, et explique par le mauvais emploi des crédits qui furent alloués de 1881 à 1884, pourquoi cette entreprise du Haut-Fleuve était tombée si bas dans l'opinion publique. En 1884, on avait dépensé 24 000 000 *f*, et la voie ferrée ne s'étendait pas au delà du 53e *km*. Encore cette voie était-elle dans des conditions impossibles pour l'exploitation. De 1884 à 1888, le chemin de fer progresse sans cesse, mais alors sans crédit spécial, sur les seules ressources du budget local de la colonie, il atteint ainsi Bafoulabé en 1888, mais toujours dans de détestables conditions d'établissement. En fait, dit l'orateur, on n'avait point construit un chemin de fer, car on ne saurait appeler ainsi un assemblage de rails et de traverses, fait sans aucun souci des règles les plus élémentaires de la construction des voies ferrées : les pentes et les rampes, affranchies de toute règle et de toute limite s'élevaient couramment au taux de 40 à 50 *mm;* on en citait de 80 et même de 100 *mm;* pour l'écoulement des eaux aucun dispositif;

les remblais coupaient les lignes de thalweg; aussi pendant la période des pluies formaient-ils barrages et étaient-ils enlevés dès les premières tornades! On devait donc prendre son parti de n'utiliser la voie ferrée que pendant la saison sèche.

Sur une voie ainsi construite, il ne fallait point songer à organiser une exploitation régulière quelconque, c'était un moyen de fortune à ajouter à la liste déjà longue des moyens de transport usités au Soudan.

Réparer la ligne et organiser une exploitation régulière fut la tâche que s'imposèrent les services de l'artillerie de marine et du génie militaire successivement appelés à prendre en main la direction du chemin de fer.

Le génie militaire avait été envoyé d'abord au Soudan pour faire les études du prolongement de Bafoulabé à Bammako; ensuite il fut chargé de l'exploitation et de l'entretien du chemin de fer. Par ses soins, la ligne eut bientôt un aspect convenable, et les trains purent circuler régulièrement et avec sécurité.

Le capitaine Calmel se propose ensuite de traiter rapidement la question de l'achèvement de la ligne et d'indiquer la physionomie générale qu'elle doit avoir.

Les études qui furent faites en 1892 et 1893 par les commandants Marmier et Joffre ont établi qu'il y avait 198 *km* à faire pour aller de Bafoulabé à Kita et 227 *km* pour aller de Kita à Bammako et Toulimandio; ce dernier point étant celui où commence la bonne navigabilité du Niger : au total 425 *km*. A l'heure actuelle, 42 *km* sont à peu près terminés et vont être prochainement livrés; il reste donc 382 *km* à faire pour achever la ligne. Le pays que l'on traverse présente des difficultés moyennes permettant sans trop grands frais l'établissement du chemin de fer avec des déclivités maxima de 25 *mm* et des courbes de 300 *m* de rayon au minimum. Les difficultés exceptionnelles sont la traversée des deux grands cours d'eau du Bafing et du Backoy exigeant le premier un pont de 400 *m*, le second un pont de 360 *m*. Le premier pont du Bafing a déjà été construit à *Mahina*, près de Bafoulabé : le deuxième est prévu à Toucolo, dans des conditions assez faciles de construction.

Il faut aussi signaler deux régions assez accidentées et présentant quelques difficultés topographiques; ce sont celles du col de Manambougou, et la seconde l'accès dans la vallée du Niger où l'on est amené à employer de longues pentes ou rampes de 25 *mm*, se développant sur plusieurs kilomètres. Des études déjà faites et de l'expérience déjà acquise on peut conclure que le prix de revient du chemin de fer ne dépassera pas 65 000 *f* au kilomètre. Cela fait un total d'environ 25 millions pour l'achèvement de la ligne.

Il importe d'établir cette ligne dans des conditions telles qu'elle résiste aux puissantes manifestations atmosphériques du pays et à toutes les causes locales de ruine.

Pendant l'hivernage, par exemple, elle aura à subir des pluies diluviennes qui détruiront ses remblais, si on ne les fait larges et puissants, avec des talus très doux et souvent recoupés par des bermes. On devra aussi prévoir largement les ouvrages pour l'écoulement des eaux. Plus

que jamais il faudra ballaster. L'emploi des traverses métalliques s'impose au Soudan parce que les termites (espèce de fourmis blanches qui se rencontrent partout) rongent en quelques mois les traverses de bois même faites avec les essences les plus dures, parce que, aussi, pendant la saison sèche les traverses acquièrent une siccité telle qu'elles brûlent tout entières comme de l'amadou, si une escarbille de locomotive tombe accidentellement à leur surface. Il faut donc des traverses métalliques donnant un poids de 35 à 40 *kg* au mètre courant de voie, le poids du rail étant de 20 *kg* au mètre courant.

Dans l'exploitation de la ligne, on doit aussi avant tout tenir compte de l'infériorité du personnel indigène dont on doit user largement, le service étant trop fatigant pour des Européens. Il faut des règlements très simples et compris dans un esprit très large; on doit s'en tenir aux règles fondamentales de l'exploitation.

De même, dans l'organisation du matériel, on doit rechercher tout le confortable possible pour diminuer, dans la mesure du possible, les fatigues du voyageur sous ce climat brûlant. Les wagons devront être munis d'un double pavillon surmonté lui-même d'un lattis; l'un de ces pavillons viendra déborder sur les côtés du wagon de façon à former une petite véranda. On multipliera les fenêtres qui seront toutes munies de carreaux, de persiennes et de rideaux. Il y aura intérêt à avoir des wagons de grandes dimensions montés sur boggies, permettant ainsi un aménagement confortable, couloir latéral, plate-forme en bouts, water-closet, etc.

Le matériel de traction actuellement en service est peu brillant; celui qui répond le plus complètement aux desiderata, parait consister en locomotives-tenders de 15 à 20*t* de poids adhérent à trois essieux couplés, munies d'injecteurs permettant l'alimentation de l'eau à haute température; avec ces locomotives on peut remorquer facilement sur notre voie des trains de 65 à 70 *t*.

Le conférencier termine par une description sommaire du pont de Mahina, accompagnée de nombreuses projections.

Ce pont a été établi sur le seuil rocheux du gué de Mahina, appelé aussi dans le pays, gué des Toucouleurs. Le choix heureux du point de passage a considérablement facilité l'exécution des travaux. Les fondations des piles ont pu être faites par coulage direct du béton sous l'eau dormante. On est arrivé à détruire tout courant de la façon suivante : on a d'abord choisi l'époque de plein étiage où le fleuve présentait lui-même un très faible courant; ce courant était encore affaibli par une digue transversale en cailloux barrant la moitié du fleuve et rejetant les eaux sur la berge opposée à celle où l'on travaillait; par un batardeau également fait en cailloux du fleuve autour de l'emplacement des fondations on arriva à avoir une eau tout à fait tranquille.

Les opérations de montage, de rivetage et de lancement se sont passées régulièrement et n'ont pas offert d'intérêt bien particulier.

A remarquer cependant que les noirs se sont tirés avec honneur des difficultés du rivetage, ce qui détruit la légende d'incapacité de travail dont on accusait autrefois cette race.

Il ne faut donc pas désespérer d'une colonie où l'on trouve une grande

fertilité, une population suffisamment laborieuse et habile et de riches produits naturels à exporter.

M. le Président remercie vivement M. le capitaine Calmel de sa très intéressante communication; mais il tient à faire remarquer que l'orateur, dans sa description, ne s'est présenté que comme l'architecte de l'humble petite gare de Kaffa, sans nous dire, par pure modestie, qu'il avait été l'habile Ingénieur ayant dirigé la construction du pont majestueux de Mahina, édifié au milieu de difficultés sans nombre et de toute nature. Ce grand travail d'art assure la réussite de la grande œuvre à laquelle se dévoue le courageux et savant officier : nos vœux l'accompagnent; et nous voulons que nos applaudissements plaident, auprès du Parlement, en faveur du dernier crédit de 25 millions, nécessaire pour l'achèvement de la ligne transsoudanienne qui, en unissant le cours du Sénégal à celui du Niger, créera la grande voie de pénétration si utile pour notre commerce et pour notre puissance coloniale. *(Applaudissements prolongés.)*

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Bœringer, A.-J.-B. Cance, H.-L.-A. Constantin, E.-B. Francfort, A.-G. Gautier, E.-C. Jacquin, A.-J.-J. Landmann, A.-A.-J. Lindeboom, L.-J. Louvet, Ch.-L. Peltier, E. Perroud, L.-A. Sergent, E.-L. Sergot, F.-A. Singre, G. Wauquier, H.-J.-J. Worms, comme membres sociétaires et

MM. A.-F. Ambroise, H.-L. Laurette et L.-A. Maricot comme membres associés.

MM. E.-J. Barbier, P. Bour, G.-E. Breuillard, A. Butin, E.-F Cousin, G.-E. Degouet, J.-A.-D. Duparchy, H.-A. Durand, T. Dutreux, A. Dutreux, H. de Fontbonne, A. Jolly, H.-E.-L. Joret, A.-A.-L. Lefèvre, G.-E. Majoux, F.-V. Manaut, I. Manoach, Ch.-E.-L. Merville, L.-E. Meunier, H.-A. de Neufville, J.-E. Perret, L.-E. Philippe, M. Pisca, L.-A. Secrétant, sont reçus comme membres sociétaires, et

MM. F. Arnal, Ch.-P. Brigonnet, F. Dreyfus, P.-J. Franck, E.-J. Franck, A.-G. Niclausse. Ch.-F. de Watteville comme membres associés.

La séance est levée à minuit dix minutes.

Le Secrétaire,
G. Baignères.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 MARS 1897

Présidence de M. Ed. Lippmann, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

M. A. de Dax, le sympathique et dévoué Secrétaire Administratif de la Société, a été nommé officier de l'Instruction publique ;

MM. A. Cochelin et L. Sergent ont été nommés officiers d'Académie ;

M. Paul Boubée a été nommé officier de la Couronne d'Italie.

M. le Président signale particulièrement parmi les ouvrages reçus depuis la dernière séance :

Fermes de combles, dimensions des pièces, par M. Planat, édité et offert par notre Collègue, M. Aulanier ;

L'Éclairage à l'acétylène, par M. Georges Pélissier ;

La Résistance des colonnes, par M. Fr. d'Emperger. C'est un mémoire qui sera présenté au Congrès des Ingénieurs et Architectes autrichiens qui se tiendra, le 8 avril, à Vienne ; l'auteur prie les Ingénieurs qui s'occupent de cette question d'adresser leurs communications au Congrès.

M. le Président donne lecture d'une lettre que lui a adressée M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, pour informer les Membres de la Société que le gouvernement de Chypre a décidé de relier Nicosie à Larnaca par une voie ferrée et que les étrangers seront admis pour la construction et l'exploitation de cette ligne.

M. le Président annonce que l'Assemblée générale de l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des Colonies tiendra, cette année, son Assemblée générale de province à Compiègne, les 25, 26 et 27 mars ; la Société a délégué, pour la représenter, nos Collègues MM. Gallois, Horsin-Déon, Lefranc, Macherez, Nativelle et Vivien.

M. le Président dit que nos Collègues de Russie, toujours très empressés à nous témoigner leur sympathie, nous ont envoyé leurs félicitations à l'occasion de notre cinquantenaire qu'ils croyaient tomber au commencement de ce mois ; nous ne l'atteindrons que le 4 mars 1898. M. le Président a adressé un télégramme de remerciements puis une lettre à M. Soultanoff, Directeur de l'Institut des Ingénieurs Civils de l'Empereur Nicolas.

M. le Président fait connaître qu'il a reçu, par l'intermédiaire de l'ambassade d'Italie, l'avis qu'une exposition générale italienne se tiendra à Turin en 1898; la section de l'électricité a été, par exception, déclarée internationale, et se préoccupe, dès maintenant, de s'assurer le concours de la science et de l'industrie françaises. Dans ce but, elle constitue un comité d'honneur français sous la présidence de M. Berthelot, de l'Institut, et propose à la Société d'y comprendre son Président.

M. le Président est heureux d'enregistrer les dons suivants de plusieurs Collègues :

MM. F. Ancora Lins de Vasconcellos . . .	100*f*
E. de Alvarenga Peixoto	100
M. Ramos da Silva.	100
A.-G. Mestayer	100

Il adresse ses remerciements à ces généreux donateurs.

M. le Président annonce qu'il a reçu de M. Petroff un mémoire donnant les résultats d'expériences faites par lui sur le frottement des liquides ; c'est un travail très savant qui a valu à son auteur un prix de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg. M. le Président se propose de rendre compte de ce mémoire dans une prochaine séance.

M. A. Brüll a la parole pour présenter à la Société une nouvelle revue : la *Revue de mécanique*.

M. A. Brüll demande à appeler la bienveillante attention de la Société sur une nouvelle publication technique dont les éditeurs P. Vicq-Dunod et Cie, nous ont adressé les deux premiers numéros, et dont ils se proposent de continuer le service à la bibliothèque de la Société.

La *Revue de mécanique* est due à l'initiative de M. Gustave Richard, un de nos collègues les plus sympathiques. La Société a souvent apprécié ses intéressants travaux, ses connaissances encyclopédiques, son infatigable labeur; elle sait qu'il suit attentivement depuis des années le progrès des arts mécaniques en France et dans les pays étrangers. Les ouvrages considérables qu'il a successivement publiés sur diverses parties de la mécanique appliquée présentent des tableaux ordonnés et complets des solutions et même des tentatives écloses dans les divers pays industriels.

Mais la marche du progrès est aujourd'hui si rapide, que la forme un peu solennelle du traité dogmatique ne répond plus qu'imparfaitement aux besoins des lecteurs, qui veulent se tenir constamment à jour. Une revue mensuelle, qui formera comme une collection de livres à suppléments périodiques, mettra mieux au courant tous ceux qui cultivent quelque parcelle du vaste domaine de la mécanique ou qui en utilisent les productions pour l'établissement ou l'amélioration de leurs industries.

Dans cet ordre d'idées, M. Richard a obtenu le concours d'un comité pour le patronage et la direction technique de la *Revue*. A la tête de ce Comité figure une personnalité dont l'éloge n'est plus à faire : M. Haton de la Goupillière, membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines et directeur de l'École nationale supérieure des Mines.

Plusieurs écrivains éminents ont accordé à la *Revue* leur collaboration ; nous citerons entre autres :

M. Dwelshauvers-Dery, professeur à l'Université de Liège ;

M. J. Boulvin, professeur à l'Université de Gand ;

M. Thurston, directeur du Sibley College, à Ithaca, État de New-York ;

M. Bryan-Donkin, membre des institutions des Ingénieurs-mécaniciens d'Angleterre et des États-Unis ;

M. Sinagaglia, directeur de l'Institut technique de Naples ;

M. E. Sauvage, Ingénieur des Mines, professeur à l'École des Mines et Ingénieur en chef du matériel des chemins de fer de l'Ouest ;

M. C. Walckenaër, Ingénieur en chef des Mines, secrétaire de la Commission des appareils à vapeur, professeur à l'École des Mines.

La nouvelle publication, exclusivement consacrée à la mécanique, se propose de présenter les principales nouveautés d'ordre scientifique ou pratique, de fournir la plus grande quantité possible de renseignements utiles par l'exposé des théories, la description des machines, appareils et procédés de construction et aussi par l'indication des sources bibliographiques. Elle évitera de recourir fréquemment aux savants déploiements d'analyse mathématique, afin d'épargner au lecteur un effort trop ardu.

Chaque numéro comprendra, avec les planches et dessins nécessaires, des articles de fond ou mémoires originaux sur les théories ou sur les expériences les plus importantes, des articles ou revues réparties en séries correspondant aux principales branches de la mécanique, une chronique des actualités, une revue de législation et de jurisprudence et la littérature des périodiques.

Cette dernière partie ajoutera beaucoup, à elle seule, à l'intérêt de la *Revue :* elle est partagée en rubriques suivant les spécialités diverses, contenant chacune des extraits substantiels, avec croquis, des sujets traités dans les livres, comptes rendus de Sociétés, revues et journaux techniques d'un grand nombre de pays. Collectionnée à part, cette bibliographie formera bientôt, pour les lecteurs studieux, un répertoire facile à compulser, indiquant, par des références minutieuses, tout ce qui aura été publié sur une question donnée.

Les numéros de janvier et de février 1897 que M. Brüll présente à la Société, contiennent déjà quelques études importantes, sur la détermination des données fondamentales dans un essai de machine à vapeur, sur le diagramme entropique, sur l'utilité des parois chaudes pour les cylindres des machines à vapeur et sur les tiroirs équilibrés des locomotives. On y trouve aussi les premiers articles des séries suivantes : locomotives, machines frigorifiques, moteurs à gaz et à pétrole, chaudières, pompes, machines-outils, appareils de levage.

Ces deux premières livraisons, de plus de cent pages chacune, si riches en documents, si bien illustrées de figures démonstratives, présentent un tel intérêt pour les Ingénieurs mécaniciens, qu'on ne peut mieux faire, pour souhaiter bon succès à l'œuvre de notre estimé Collègue, que d'émettre le vœu de voir sortir de ses mains, pendant de longues années des fascicules aussi bien composés et aussi instructifs.

M. le Président remercie M. Brüll d'avoir fait connaître la *Revue de mécanique* dans des termes tels que les membres de la Société peuvent apprécier de suite tout l'intérêt que cette publication présente.

Il donne la parole à M. J. Fleury, pour une communication complémentaire de celle qu'il a faite précédemment sur *l'Eau à New-York*.

M. J. Fleury rappelle que dans la communication qu'il a eu l'honneur de faire au mois de juillet dernier, et qui a été insérée dans le Bulletin d'octobre, il avait signalé à l'attention de la Société que, dans l'étude du grand barrage de Quaker-Bridge, les Ingénieurs américains avaient admis pour la résistance à la compression sur le parement aval un coefficient de 16 *kg* par centimètre carré. Il avait fait remarquer que c'était là un coefficient plus élevé sensiblement que ceux adoptés dans la construction des ouvrages français les plus soignés, tels que ceux du Chartrain et de Ternay, où les coefficients sont respectivement de 11 et de 12 *kg*. Il ajoutait :

« On ne peut cependant pas affirmer qu'un barrage en maçonnerie, solidement appuyé sur une base incompressible et inaffouillable, construit suivant un profil théorique correct en matériaux lourds et résistants, maçonnés avec un très grand soin et avec emploi d'excellent mortier, ne peut, sans danger, supporter des pressions de 14 ou même 16 *kg* sur son parement aval. »

M. Fteley a bien voulu fournir à ce sujet, il y a quelque temps déjà, des explications à M. Fleury qui croit devoir les porter à la connaissance de la Société et reproduire en le tirant de la longue et très aimable lettre de M. Fteley le passage relatif à cette question de la résistance à la compression :

« Ce n'est, écrit M. Fteley, qu'après longue réflexion que j'ai osé recommander un chiffre supérieur à ce qui avait été adopté auparavant, mais après une étude sérieuse et en vue d'éviter les énormes dimensions qui résulteraient de l'adoption de coefficients plus faibles et qui eussent rendu le projet presque impraticable, je me suis convaincu qu'il n'y avait aucun risque à courir pour les raisons suivantes :

» Placés dans d'autres conditions, les excellents matériaux que nous employons pourraient supporter avec sécurité des charges beaucoup plus considérables. Les pierres de la maçonnerie sont de grands blocs de granit d'excellente texture et nos ciments sont de qualité supérieure; en moins de six mois, quelquefois avant trois mois, la prise est assez parfaite pour nous donner des résultats de laboratoire de plus de 400 livres anglaises par pouce carré (28 *kg* par centimètre carré) à la tension, pour des mortiers mélangés de deux fois autant de sable ordinaire que de ciment ; avec nos ciments supérieurs nous obtenons plus que cela.

» La fondation est du roc, partie granit (ou plutôt gneiss), partie pierre calcaire et nous en enlevons la surface jusqu'à ce que nous obtenions une base solide.

» Je ne tiens aucun compte, dans les calculs du fait, que la portion inférieure du barrage (à certains points plus de 100 pieds (30,48 *m*)

au-dessous du lit de la rivière) est encastrée dans le sable et gravier compacts.

» De plus, les idées que nous avons sur la marche et la distribution des forces à travers de pareils massifs de maçonnerie sont probablement incomplètes. L'élasticité de ces masses, qui est réelle, n'est pas mise en compte dans la formule dont nous nous sommes servis pour calculer les pressions sur les bases, et je suis à peu près convaincu que les pressions sur le pied d'aval ne sont pas, en réalité, aussi considérables qu'elles sont représentées par l'analyse, mais qu'elles sont, au contraire, distribuées plus uniformément sur toute l'étendue de la base. Considérons, en effet, le profil de certains barrages en service qui forment à la base d'aval un angle très aigu ; il est probable que la réaction (si la pression était aussi grande que l'indiquent les méthodes actuelles) causerait une rupture quelque part, près de l'extrême base, car la section en question ne pourrait résister au cisaillement. »

M. Fteley ajoute : « Le barrage est maintenant en construction, nous avons entaillé le rocher sur un des côtés pour former, pendant la construction, une dérivation qui a été proportionnée pour un débit de 18 000 pieds cubiques (510 m^3) par seconde ; une crue a déjà eu lieu qui a fourni plus de la moitié de ce volume sans causer le moindre dommage à la fouille ; celle-ci est cependant, à certains points, plus de 100 pieds (30,48 *m*) plus bas que le lit de la rivière. Dans la pierre calcaire de la fondation nous avons dû enlever plus de 30 pieds (9,14 *m*) de roc avant d'arriver à une base suffisante et, à mesure que nous avançons, le fond est criblé de trous dans lesquels nous forçons du ciment liquide, afin d'obstruer les fissures qui pourraient se trouver près de la surface ; nous avons ainsi découvert et obstrué quelques canaux d'érosion qui, probablement, n'auraient pas fait grand mal, mais que je veux, bien entendu, supprimer autant que possible. »

M. J. Fleury fait, après cette lecture, projeter la vue du parement d'aval que M. Fteley avait jointe à sa lettre.

Il n'hésite pas à dire que cette vue et les nouveaux renseignements qu'a bien voulu lui fournir M. Fteley sont de nature à le rassurer complètement sur la valeur de ce grand ouvrage, qui fait honneur à ceux qui l'ont conçu comme à ceux qui l'exécutent.

M. le Président remercie M. J. Fleury de sa communication, qui sera bien à sa place dans notre *Bulletin* pour parachever celle qu'il a faite l'an dernier ; il remercie également M. Fteley d'avoir bien voulu charger M. Fleury d'être son interprète pour faire connaître ses grands travaux à la Société, qui en suit l'achèvement avec le plus vif intérêt.

Il donne la parole à M. E. Maglin pour une communication sur la *fonte du bronze d'art d'un seul jet.*

M. E. Maglin fait d'abord un rapide historique de l'art de travailler le bronze depuis les premiers temps de l'humanité ; il décrit la fabrication du bronze et s'attache plus particulièrement au moulage à cire perdue. Il expose la façon dont on réalisait ce procédé à l'époque de la Renaissance et en montre les difficultés qui le rendent long et coûteux. A notre époque, divers chercheurs ont songé à faire des moules en

gélatine; mais les résultats n'ont pas été satisfaisants. Il était donné à un statuaire français, M. Le Bourg, de créer un procédé parfait, tant au point de vue des résultats obtenus que de l'économie de main-d'œuvre. Ce procédé est basé sur le fait que la gélatine, additionnée de glycérine et de glucose, conserve à l'air une élasticité durable. Avec elle, M. Le Bourg peut mouler une statue dans son entier, l'entourant d'une enveloppe en deux pièces qui se détache avec une grande facilité et donne des moulages d'une finesse extraordinaire. Par suite, il obtient une cire d'un seul jet, la couture du joint du moule étant très facile à faire disparaître, puisque c'est sur de la cire molle que s'exécute la réparure. Cela fait, par les procédés ordinaires de la cire perdue, on recouvre de barbotine la statue à reproduire, on fond la cire et on coule après avoir réservé les évents et les jets de coulée. Ce qu'il y a de particulièrement original dans ce procédé, c'est que, tout en permettant d'obtenir un nombre considérable d'exemplaires absolument identiques, il supprime l'intervention de l'artiste, du ciseleur et du monteur en bronze.

M. Le Bourg a également exécuté avec grand succès d'autres recherches : les unes pour éviter les craquelures de la cire, les autres pour réaliser, par voie sèche et par oxydation, des patines diverses sans passer d'enduit.

En terminant, M. Maglin présente une série de modèles, à différentes phases de la fabrication et décrit en détail les opérations successives : moulage de deux épreuves en plâtre, confection d'un modèle à noyau et d'une boite à noyau, établissement des chapes, moulage en gélatine, introduction du noyau, coulée de la cire, fonte du bronze.

M. le Président demande si le procédé qui vient d'être décrit est dans le domaine public et, dans le cas contraire, s'il n'y a pas cependant indiscrétion à poser la question suivante : se sert-on des mêmes alliages que pour le moulage en sable, ou mieux, n'y a-t-il pas à se préoccuper de la liquation dans le moulage d'une seule venue ?

M. E. Maglin répond que le procédé de M. Le Bourg n'est pas dans le domaine public; quant aux alliages employés, ce sont les mêmes que ceux des procédés ordinaires; mais on peut couler le bronze plus chaud.

M. J. Gaudry voudrait savoir si ce procédé convient aux statues de grandes dimensions.

M. E. Maglin fait observer que ce procédé ayant pour but d'obtenir un grand nombre d'exemplaires d'une statue, a surtout été appliqué à celles qui ont des dimensions courantes. Mais il l'a été également à de plus grandes. Théoriquement, il n'y a pas de limite; seule l'importance des chapes augmente dans des proportions considérables.

M. S. Périssé cite l'exemple d'une grande statue équestre qui, au lieu d'être fondue en plusieurs pièces, jonctionnées ensuite par des manchons intérieurs, avec assemblages, a été obtenue d'une seule pièce fondue tout en la coulant en plusieurs jets. Il s'agit de la statue d'Étienne Marcel, destinée à l'Hôtel de Ville de Paris, qui a figuré à l'Exposition de 1889, dans la galerie centrale de 30 mètres. Cette statue

brute de fonte, sortant des ateliers de MM. Thiébaut frères, a fait l'admiration des connaisseurs.

Le mode de fabrication consiste à fondre, à part, les dix parties qui n'auraient pu venir de fonte sans être exposées à casser au retrait (les quatre jambes du cheval, les deux bras, la tête et les deux jambes du cavalier et enfin la queue du cheval); puis à mettre ces dix parties dans le moule général à leur place respective de façon à obtenir, au moyen de certaines précautions, l'union intime du métal en se servant de la chaleur du dernier bronze coulé pour produire la fusion du premier sur une certaine épaisseur.

Ce procédé qui a rendu le moulage plus simple en évitant de faire des pièces battues et la fonte mieux assurée, avait été employé avec succès sur des pièces de fonte qu'il s'agissait de réparer par soudure ou même de recharger. Pour que l'opération réussisse, il faut que du métal en fusion circule en assez grande quantité sur la partie à relier par fusion, et à cet effet, on dispose des poches ou des jets permettant la circulation du métal dont l'excès est recueilli hors du moule. Des précautions analogues ont été prises pour la statue d'Étienne Marcel, avec cette difficulté exceptionnelle qu'il a fallu opérer simultanément sur dix points. En effet, on avait fait venir de fonte des manchons à chacune des dix pièces fondues préalablement, et on avait disposé, dans le moule général, au-dessus de chaque manchon, une poche d'alimentation qui avait fourni du métal en excès pour opérer la fusion des extrémités des dix pièces.

Dans les conditions que vient d'indiquer M. Périssé, les onze pièces de la statue équestre n'en formaient plus qu'une seule, et c'est elle qui a figuré avec grand succès à l'Exposition du Centenaire. Ce n'est pas cependant cette statue qui a pris place devant l'Hôtel de Ville, mais une autre, forcément moins belle, parce que la Ville a tenu à une observation stricte d'une clause du marché.

M. Roger fait observer que le procédé de M. Le Bourg donne des produits très différents de ceux qui sont répandus dans le public; il faudra peut-être que celui-ci s'y habitue avant d'en apprécier la finesse.

M. Maglin espère que les produits de ce procédé qui ont déjà la sanction des artistes plairont au public et développeront son goût artistique. Le fait qu'ils sont moins chers peut y contribuer.

M. E. Badois, revenant au point de vue industriel, demande combien avec un même moule on peut faire de reproductions.

M. E. Maglin répond que ce nombre est de cent environ, mais pas avec la même gélatine. Il faut refaire des moules de gélatine après cinq ou six opérations.

M. le Président remercie M. Maglin de sa très intéressante communication qui ouvre d'heureuses perspectives sur la reproduction d'œuvres artistiques absolument originales et à meilleur compte que par les anciens procédés.

M. E. Horn a la parole pour sa communication sur l'*Inauguration du Canal des Portes-de-Fer* et l'*Exposition millénaire de Budapest.*

M. E. Horn, après avoir remercié ses Collègues de l'honneur qu'ils lui ont fait en le désignant pour représenter la Société des Ingénieurs Civils de France à l'inauguration solennelle du canal des Portes-de-Fer, le 27 septembre dernier, lit un extrait de son rapport.

Il commence par une description du Danube et des obstacles à la navigation dans la partie où ont été exécutés les travaux de régularisation.

Ensuite vient l'historique des travaux depuis les Romains jusqu'au moment où la Hongrie, à la suite du traité de Berlin de 1878, se chargea de faire, à ses frais, tous les travaux de régularisation pour rendre le fleuve complètement navigable. Ces travaux furent exécutés dans la partie du fleuve comprise entre O Moldova et Turn-Severin.

Voici rapidement résumé le travail effectué, dans chacune des sections, en partant de O Moldova.

Cataracte de Stenka. On a creusé un chenal de 1 900 *m* de longueur, de 2 *m* de profondeur au-dessous de l'étiage et de 60 *m* de largeur au plafond ; il a exigé un dérochement de 18 000 m^3.

A Kozla-Dojke, le chenal creusé est de 3 500 *m* de longueur ; il donna lieu à un dérochement de 85 000 m^3 et l'on fut obligé de sonder dans le lit du fleuve une surface de 245 000 m^2 pour déterminer l'emplacement du chenal.

Les bancs rocheux d'Izlás-Tachtalia nécessitèrent l'exécution d'un chenal de 1 900 *m* de longueur.

A Grében, la pointe de la montagne du même nom s'avançait dans le lit du fleuve et en réduisait la largeur à 420 *m*. Par suite de ce rétrécissement, suivi du brusque élargissement du lit du fleuve, il y avait une chute qui produisait un tourbillon redoutable. On fit sauter la pointe de la montagne ; la première mine fut chargée de 12 000 *kg* d'explosif. La largeur du lit du fleuve a été portée à 570 *m*, et on a construit en aval, une digue submersible de 6 200 *m* de longueur, pour le relèvement du plan d'eau, qui a fait disparaître tous ces obstacles.

A Jucz, les travaux ont été très difficiles à cause d'un banc de serpentine dans lequel on dut pratiquer un dérochement de 30 000 m^3.

Entre Orsova et les Portes-de-Fer, on approfondit le lit du fleuve pour créer un chenal de 3 *m* de profondeur au-dessous de l'étiage ; ce travail ne sera complètement terminé qu'en 1898.

Les 1 400 écueils des Portes-de-Fer s'étendant sur une longueur de 6 *km* et sur une largeur de 4 *km*, étaient un obstacle trop difficile à surmonter. On construisit du côté de la rive droite, dans le fleuve même, un canal dont on creusa le fond pour lui donner une profondeur de 3 *m* au-dessous de l'étiage avec une largeur de 73 *m* au plafond.

La vitesse d'écoulement dans ce canal est sensiblement celle qui avait été prévue dans le projet.

M. E. Horn passe ensuite à la description des machines employées pour les travaux de régularisation : bateau-sondeur, bateau-trépan, bateau-foreur, dragues à godets, à cuillère et excavateur Preastman, bateau universel, etc. ; il donne une série de chiffres concernant les dépenses des travaux, le nombre des ouvriers employés, la quantité de travaux exécutés, etc.

Il ajoute quelques détails sur les fêtes de l'inauguration à laquelle assistaient le roi de Hongrie, le roi de Roumanie, le roi de Serbie, les ambassadeurs, la plupart des personnages officiels d'Autriche et de Hongrie, ainsi qu'un certain nombre de ceux des pays voisins.

De nombreuses projections accompagnent les descriptions.

M. E. Horn fait remarquer l'importance économique de cette nouvelle voie de navigation pour l'exécution de laquelle la Hongrie n'a reculé devant aucun sacrifice. Vu l'heure avancée, il demande à M. le Président de lui permettre de reporter à une séance ultérieure la suite de sa communication qui concerne l'Exposition Millénaire de Budapest.

M. le Président remercie M. E. Horn de son travail très consciencieux et très documenté.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. G. Blum, A.-E.-A. Bretel, Ch.-H. Cailliate, V. Champigneul, J.-H. Chaussenot, L.-P.-F.-A. Commandeur, L.-A.-V. Delafosse, L.-A.-E. Dumoulin, de Kerpely, H.-J. Kindberg, E.-G. Lussy, L. Mosès, L.-J.-A.-M. Otto, L. Perdu, E.-G. Schwarberg, Ch.-E.-L. Sinson Saint-Albin, L.-A.-J.-B. Thuillier, comme membres sociétaires et de

MM. A.-F. Cothias, P. Dupray et E. Peigné comme membres associés.

MM. A. Bœringer, A.-J.-B. Cance, H.-L.-A. Constantin, E.-B. Francfort, A.-G. Gautier, E.-C. Jacquin, A.-J.-J. Landmann, A.-A.-J. Lindeboom, L.-J. Louvet, Ch.-L. Peltier, E. Perroud, L.-A. Sergent, E.-L. Sergot, F.-A. Singre, G. Wauquier, H.-J.-J. Worms sont reçus comme membres sociétaires et

MM. A.-F. Ambroise, H.-L. Laurette, L.-A. Maricot comme membres associés.

La séance est levée à onze heures.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

LE CHEMIN DE FER

DU SÉNÉGAL AU NIGER

PAR

M. le capitaine du génie CALMEL

HISTORIQUE

L'idée de réunir le cours du Sénégal à celui du Niger par un chemin de fer, et de pénétrer ainsi dans le continent africain par une voie de communication à grande puissance de plus de 3 000 *km* de longueur, est due au général Faidherbe.

On sait que cet illustre officier du génie a passé au Sénégal, dans les fonctions de son arme d'abord, et ensuite comme gouverneur, une grande partie de sa carrière; son action se retrouve partout, dans le domaine militaire, administratif, politique et commercial de cette colonie. Connaissant à fond les besoins et les ressources du pays, guidé par une intuition profonde de l'avenir, il fut frappé des résultats grandioses que donnerait la jonction de ces deux grands fleuves de l'Afrique occidentale et envoya une mission composée de deux officiers de marine, pour étudier la question. Le programme qu'il leur donna, dès 1863, peut être considéré comme la ligne de conduite et l'orientation politique dont ne se sont pas départis ses successeurs. « Le but, disait-il, serait d'arriver, quand on jugera à propos d'en donner l'ordre, à créer une ligne de postes distants d'une trentaine de lieues, entre Médine et Bammako ou tout autre point voisin, qui paraîtrait plus convenable, pour y créer un centre commercial sur le fleuve. »

Les officiers envoyés en mission furent le lieutenant de vaisseau Mage et le chirurgien Quentin; ils suivirent la ligne Bafoulabé-Kita-Bammako.

Plus tard Soleillet entreprit le même voyage et parcourut, à peu près dans les mêmes régions, un itinéraire parallèle.

Éclairée par ces explorations et maintes autres, dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, une commission se réunit en 1879 au Ministère des Travaux publics pour traiter la question de la pénétration au Soudan par chemin de fer ; mais, réunie pour examiner spécialement la question du Transsaharien, elle opéra, en cours de discussion, un revirement remarquable et c'est le Transsoudanien qui sortit de l'urne.

On arrêta, après de longues délibérations, un projet d'ensemble qui comprenait trois tronçons principaux :

1° La ligne du Cayor, de Dakar à Saint-Louis, qui a été exécutée et est actuellement en pleine exploitation ; nous ne nous en occuperons pas ici ;

2° Une ligne s'embranchant sur la précédente pour atteindre Médine ; cette partie, — la moins intéressante, car elle doublerait le fleuve Sénégal, — est restée à l'état de projet vague ;

3° Enfin, le chemin de fer du Sénégal au Niger que l'on se décida aussitôt à pousser activement.

De nombreuses missions furent envoyées pour étudier la réalisation de ce programme ; la plus importante fut celle du capitaine Galliéni, en 1879, qui concernait le tronçon Sénégal-Niger.

C'était certes une œuvre considérable que la construction d'une voie ferrée de 500 à 600 *km*, sous un climat meurtrier, dans un pays presque totalement inconnu et dénué de ressources, à travers des populations non encore soumises.

Il aurait fallu, pour mener la tâche à bonne fin du premier coup, une réunion de personnalités d'élite, d'un savoir indiscutable, d'une santé à toute épreuve, disposant de grands moyens en argent et en hommes, servie enfin par les événements politiques du pays.

Il aurait fallu aussi quelques années d'études préalables pour décider de la direction générale de la ligne, l'étudier dans ses détails, poser les conditions d'exécution, approvisionner le matériel.

Quand on est appelé à manier un instrument aussi puissant mais aussi délicat et aussi onéreux qu'une ligne de chemin de fer, on ne saurait s'entourer de trop de renseignements pour éviter ces tâtonnements et ces fausses manœuvres, qui se traduisent en définitive toujours par de grosses pertes d'argent, parfois par des pertes d'hommes.

Je ne vous raconterai pas par le menu les nombreuses péripéties par lesquelles est passée cette malheureuse entreprise du Haut-Fleuve (1). Je me bornerai à vous donner quelques chiffres qui vous expliqueront pourquoi elle était tombée si bas dans l'opinion publique.

En 1880-81, on demandait au Parlement un crédit de 8552000 *f* pour faire la ligne de Kayes à Bafoulabé; or, en mai 1882, le crédit épuisé, on arrivait à ce résultat plutôt modeste de présenter 700 *m* de voie ferrée.

En 1882, nouveau crédit de 7458785 *f* obtenu toujours sur la promesse formelle d'aller à Bafoulabé, mais la ligne s'arrête au 17e kilomètre.

En 1883-1884, deux nouveaux crédits de 4677000 et 3300000 *f*. La Chambre, en les votant, déclare que ce sont les derniers et que le chemin de fer devra s'arrêter là où arrivera la voie.

Hé bien! après ces crédits successifs formant un total de 24 millions, la voie atteignait Diamou à 53 *km* de Kayes. Le Parlement et, par suite, le pays avaient bien quelque raison d'être mécontents du résultat.

Bien que la voie ne fût arrivée, à la fin de 1884, qu'au kilomètre 53 et qu'on fût ainsi bien loin d'avoir rempli le programme primitif, le Parlement tint parole et n'inscrivit plus au budget que les sommes nécessaires pour l'entretien et l'exploitation de la partie construite.

Cependant, à partir de cette époque, la ligne progresse toujours et beaucoup plus rapidement qu'autrefois.

Elle arrive d'abord jusqu'au kilomètre 60 en 1886, puis gagne Bafoulabé (kilomètre 132) en 1888.

C'est, qu'en effet, la nécessité de la voie ferrée s'impose tellement au Soudan, qu'il ne se trouvera jamais un commandant supérieur qui ne tienne à honneur de sacrifier toutes les ressources dont il dispose pour pousser la voie de quelques kilomètres en avant.

Aussi la ligne Sénégal-Niger progressera-t-elle constamment, en dépit des fluctuations de la politique ou de l'opinion, et atteindra fatalement son but, comme le veut la loi inéluctable du progrès.

(1) Refaire l'histoire du chemin de fer serait bien compliqué; il y aurait un trop long défilé de mésaventures. Les causes d'insuccès relèvent de toute espèce de chef: votes tardifs de crédits, fièvre jaune, manque de préparation de l'entreprise, mauvais emploi des fonds, etc., etc. Il y a là un remarquable concours de circonstances malheureuses dont le résultat fut un des plus lamentables échecs possibles.

Un effort considérable fut fait dans les campagnes 1886-1887 et 1887-1888.

En arrivant à Kayes, le colonel Galliéni, commandant supérieur, fut frappé de l'immense quantité de matériel qui traînait en désordre, sans emploi, dans les rues. Voici, d'ailleurs, ce qu'il dit lui-même à ce sujet dans son ouvrage : *Deux campagnes au Soudan français.*

« Quant au matériel du chemin de fer, on le trouvait sur tout le terrain de Kayes, répandu en désordre, couvrant les berges du fleuve, obstruant les voies d'accès. Ici, les pièces d'une immense grue à vapeur, cachant des matériaux dont il eût été difficile d'expliquer l'usage ; là, des portées de pont métallique, système Eiffel, se trouvant encore sur l'emplacement où les avait jetées le steamer qui les avait apportées ; plus loin, des cuves à eau, des morceaux de chaudière, des cylindres, etc. Les locomotives étaient remisées au bord du fleuve, sous un mauvais abri en planches, exposées à la pluie, au vent, à toutes les intempéries ; la forge était installée tout auprès, sous un gigantesque ficus, servant autrefois, je me le rappelais encore, d'arbre à palabres aux habitants du village.

» Deux ans auparavant, un grand pavillon, d'une centaine de mètres de longueur, s'étendait tout le long du fleuve ; mais, en 1884, un terrible incendie avait, en quelques heures, anéanti ce pavillon et les immenses approvisionnements qu'il contenait. Ce fut un grand désastre et qui porta un rude coup à notre entreprise du Haut-Fleuve. Kayes montrait encore partout les traces de ce sinistre evénement qui l'avait couvert de décombres et lui donnait l'aspect d'une ville prise d'assaut. On n'avait eu ni le temps ni les moyens de faire disparaître les vestiges de l'incendie. Des plates-formes de chemin de fer au plancher brûlé, aux fers déjetés, des rails déformés, des amas de pièces de fer, de roues, d'essieux mis hors d'usage, indiquaient les ravages du feu. »

En fait, on n'avait pas construit un chemin de fer, car on ne saurait appeler ainsi un assemblage de rails et traverses fait sans aucun souci des règles les plus élémentaires de la construction des voies ferrées ; les pentes et les rampes, affranchies de toute règle et de toute limite, s'élevaient couramment aux taux de 0,040 et 0,050 ; les courbes, tracées généralement au sentiment, présentaient des rayons beaucoup trop faibles ; la plupart des ouvrages d'art étaient à construire ; pour l'écoulement des eaux, aucun dispositif ; on mettait à profit cette particularité climaté-

rique du Soudan de ne présenter aucune pluie pendant la saison sèche; on prenait son parti des coupures qui se produiraient à l'hivernage et qu'on boucherait à la saison sèche suivante; les traverses étaient en bois du pays, coupées au plus près, d'équarrissage insuffisant, mal attachées par des crampons; quant au

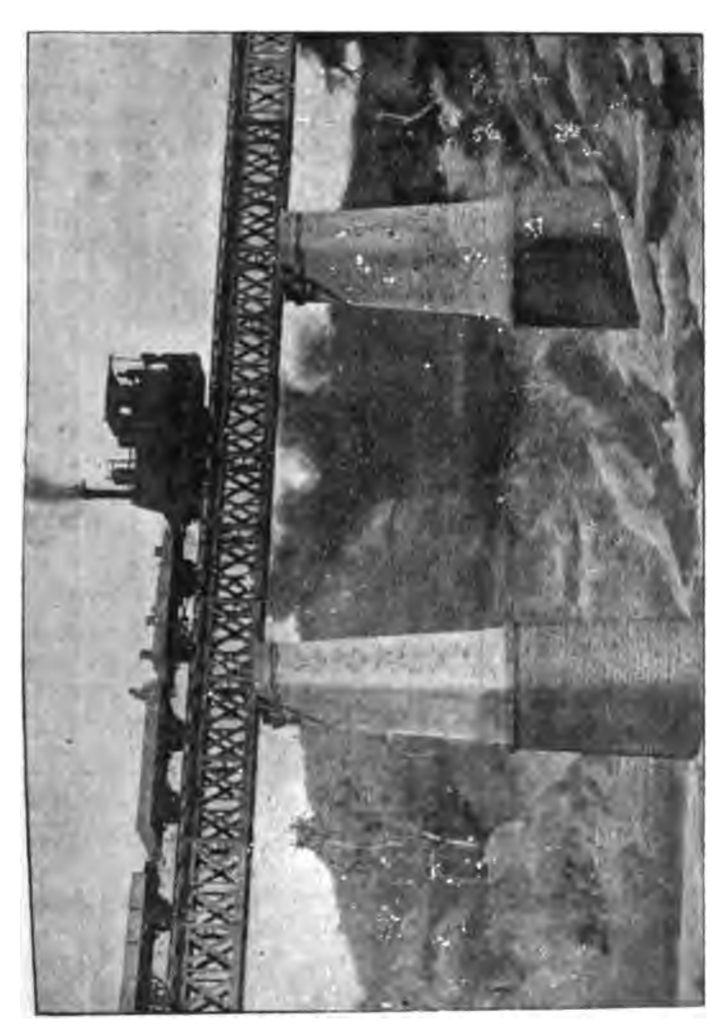


FIG. 1. — Pont du Galougo.

ballastage, la ligne n'en présentait trace qu'aux points où elle coupait accidentellement une ballastière.

Aussi ne fallait-il pas songer à une exploitation quelconque; c'était un moyen de fortune à ajouter à la liste déjà longue des divers moyens de transport usités au Soudan.

Le lieutenant Plat donne une relation pittoresque de son voyage de Diamou à Bayanko :

« Les étapes sont bien connues de Kayes à Bafoulabé : chemin de fer jusqu'à Diamou, puis voie de terre.

. . . .

» Afin de gagner du temps, nous acceptons l'offre d'un lorry, ou wagonet à plate-forme, que nous fait le directeur de la voie pour nous transporter au Galougo : mauvaise idée. Tandis que notre cavalerie et nos ânes suivent le sentier le long du fleuve, juchés sur nos bagages amoncelés, à une hauteur inquiétante, nous sommes péniblement halés par une équipe d'indigènes qui nous fait parcourir un petit kilomètre à l'heure. Une locomotive arrive de l'avancée, ralliant le garage de Diamou ; nous descendons de notre hauteur, déchargeons le lorry, le renversons sur le côté de la voie puis, la locomotive passée, réattelons nos noirs à ce travail dont Hercule ne se serait pas tiré. »

Comme l'avait demandé le colonel Galliéni, le commandant Archinard militarisa le service du chemin de fer en 1888.

Il le confia à l'artillerie de marine qui, sous la direction du capitaine Klobb, s'occupa activement de mettre la ligne en état d'exploitation. Elle avait fort à faire et put entreprendre d'importantes rectifications, supprimant le plus souvent des rampes extraordinaires tout en raccourcissant le tracé ; elle se tira avec honneur de sa tâche et, si elle ne put organiser une exploitation absolument régulière, du moins assura-t-elle les transports du ravitaillement et des services militaires et put-elle satisfaire aux demandes que le commerce lui adressa. La ligne primitive avait 132 *km* de longueur, au bout de deux ou trois ans elle n'en présentait plus que 126 ; plusieurs rampes célèbres, comme celle de Tambacoumbafara, avaient disparu ; quelques ouvrages d'art, notamment le premier pont du Galougo *(fig. 1)*, avaient été construits, ainsi qu'un certain nombre de ponceaux pour l'écoulement des eaux. Divers ouvrages, mal construits à l'origine, avaient été réfectionnés.

Le nom du capitaine Huvenoit, qui s'était pris d'une véritable passion pour le chemin de fer et qui mourut en rentrant en France après plusieurs séjours successifs au Soudan, est intimement lié à l'histoire de cette période.

Cependant la voie était encore très mauvaise et le ballastage manquait à peu près partout, de sorte que la circulation devait être interrompue pendant l'hivernage et, qu'avant de la reprendre

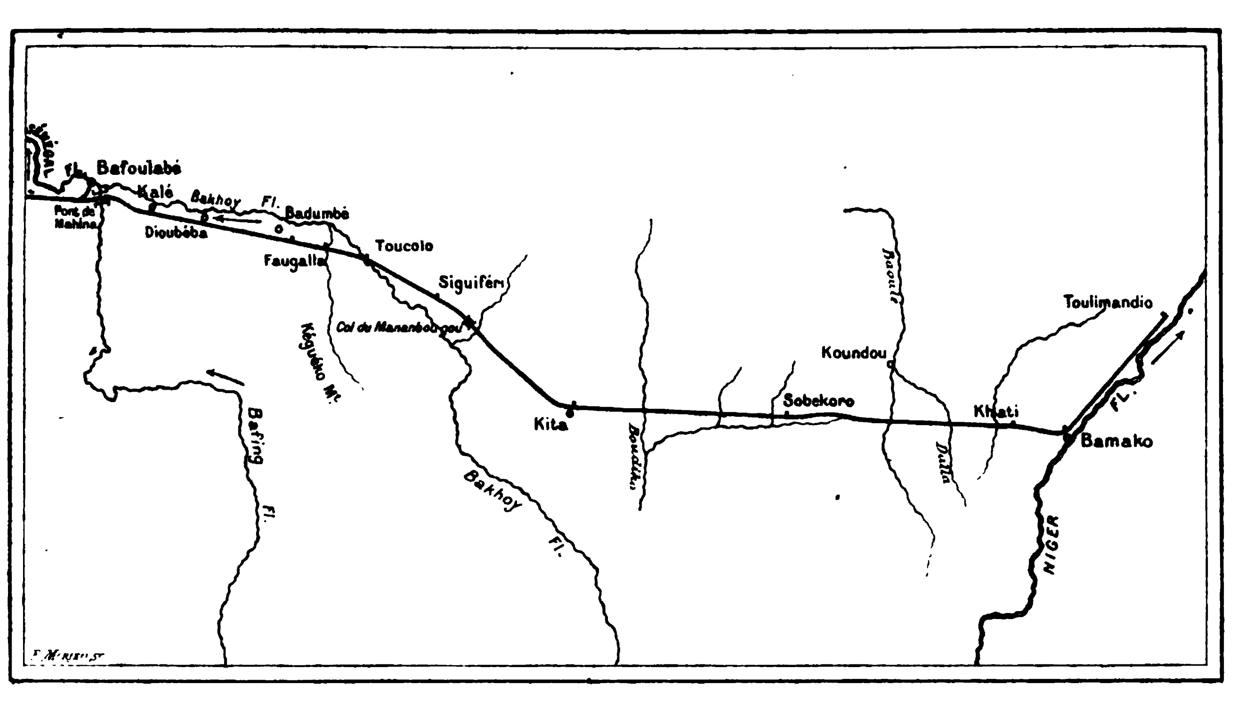


FIG. 2. — Croquis schématique de la ligne Bafoulabé-Toulimandiot.

à la saison sèche, on devait réparer les nombreux dégâts causés par les eaux.

C'est au mois de décembre 1892 que le service du chemin de fer fut passé à un détachement du 5e régiment du génie (régiment de chemins de fer).

Une première mission d'officiers et soldats de ce régiment avait été appelée l'année précédente au Soudan pour étudier la question du chemin de fer; elle était composée de :

MM. Marmier, chef de bataillon, chef de mission ;
Loustalot-Laclette, capitaine;
Pelabon, lieutenant;
Fabia, lieutenant;

avec un détachement de vingt hommes de troupe.

Le début des opérations fut extrêmement pénible. Arrivant au Soudan en pleine épidémie de fièvre jaune, le personnel européen fut grandement éprouvé.

On eut à déplorer la mort du capitaine Laclette, du lieutenant Pelabon, de deux sous-officiers et de deux caporaux.

On envoya de France, pour les remplacer, le capitaine Corps et le lieutenant Calmel.

Le but de cette mission était de faire une étude complète du tracé que devait suivre la voie ferrée entre Bafoulabé et le Niger (*fig. 2*).

Monteil et Binger s'étaient autrefois occupés de cette question et, dans un excellent travail de reconnaissance, avaient déterminé la ligne générale à suivre.

La mission Marmier fit l'étude du chemin de fer pour les 200 *km* qui séparent Bafoulabé de Kita. Grâce à une méthode simple et pratique de tracé on put marcher à raison de 2 *km* par jour en moyenne et terminer le travail pendant les bons mois de la saison sèche au Soudan. On reconnut la possibilité d'établir une ligne dans d'assez bonnes conditions pour l'exploitation, puisque le maximum de déclivité adopté est de 0,025 et la courbe minimum de 300 *m* de rayon. Les difficultés courantes étaient d'importance moyenne ; il se présentait seulement deux obstacles très sérieux, c'étaient le Bafing et le Bakhoy, deux cours d'eau considérables dont la réunion à Bafoulabé forme le Sénégal. Pour le franchissement de ces deux fleuves on trouva, à Mahina pour le Bafing, à Toucolo pour le Bakhoy, deux seuils rocheux se prêtant parfaitement à l'établissement de ponts solides.

Le pont de Mahina, d'une longueur de 400 *m* et passant à 10 *m* au-dessus des basses eaux, est actuellement achevé; nous reviendrons plus loin sur la construction de cet important ouvrage d'art.

L'accès du chemin de fer dans la vallée du Niger était aussi signalé comme une des grosses difficultés que l'on aurait à résoudre. La mission Marmier trouva dans la vallée d'un petit marigot, tributaire du Niger, une solution difficile et coûteuse sans doute, mais en somme suffisante, puisque le tracé répond aux conditions générales imposées à la ligne.

Pour en terminer avec la question des études, disons tout de suite que la section Kita-Bammako fut étudiée l'année suivante (1892-1893) par la mission Joffre.

Il aurait pu sembler naturel du premier abord d'adopter comme direction générale la route de ravitaillement suivie par tous les convois et passant par Koundou, mais cette route ne desservant aucun point important depuis que la conquête du Kaarta par le lieutenant-colonel Archinard a permis de déclasser Koundou, et étant, en outre, d'un parcours long et difficile, on a cherché un tracé plus favorable et plus court. En suivant une ligne orientée d'une façon générale de l'ouest à l'est, entre Kita et Delasabacoro, sur une longueur de 135 *km*, on obtint un tracé dans un terrain très plat, peu accidenté, et réalisant une économie de 35 *km*. Koundou étant maintenant inutile, la route du ravitaillement a été abandonnée par les convois et ceux-ci suivent actuellement la route dite du chemin de fer.

Mais revenons sur la ligne de Kayes à Bafoulabé au moment de l'arrivée des officiers et troupes du génie en décembre 1892.

Le but principal était d'organiser sur cette ligne une exploitation régulière qui fonctionnerait même pendant l'hivernage. Les divers services : voie, exploitation, traction et études se mirent aussitôt à l'ouvrage.

Pour éviter les travaux inutiles et exécuter méthodiquement les réfections nécessaires, on fit d'abord un lever régulier de toute la ligne et on étudia un ensemble de rectifications. Le commandant Joffre, directeur du chemin de fer, présenta un projet s'élevant à la somme de 4 millions environ pour mettre la ligne sur un pied égal à celui du prolongement projeté.

En laissant de côté les 8 *km* voisins de Bafoulabé, destinés à être abandonnés ultérieurement par ce fait que le Bafing serait franchi à Mahina, la voie avait 119 *km* de longueur sur lesquels

53,27 *km* devaient être modifiés soit en plan, soit en profil ou complètement délaissés pour être remplacés par un autre tracé.

Dans les 66 *km* restants, le ballast n'existait que sur 18 *km*.

Les plus urgents de ces travaux ont été exécutés; on n'a pas hésité à entreprendre des déviations, même très importantes, notamment celle de Kaffa à Dinguira qui ne mesure pas moins de 25 *km* de longueur; presque toute la ligne a été remaniée au point de vue des rampes, courbes, ballast, traverses, etc., etc.; sans doute il y a encore beaucoup à faire, mais le tracé est bon et les trains peuvent désormais circuler en sécurité. Concurrem-



Fig. 3. — Gare de Kayes.

ment avec l'exécution de ces travaux de réfection, on a achevé un embranchement qui relie l'importante ville de Médine à la voie principale, on a édifié le pont de Mahina et poussé la voie ferrée jusqu'à Kalé, à 20 *km* au delà de ce pont.

D'autre part, quelques gares ont été construites, en particulier la gare de Kayes, dont nous donnons ici la photogravure (*fig. 3*) et qui sert à loger en même temps les officiers et les divers services; le dépôt a été agrandi et pourvu d'ateliers; une ligne télégraphique a été posée, en un mot l'exploitation est installée et fonctionne régulièrement en toute saison.

Les recettes annuelles s'élèvent à 300 000 *f*, couvrant presque les dépenses d'entretien et d'exploitation qui sont de 350 000 *f*.

« Que de dépenses et de déboires on aurait évités, si on avait, au début, commencé l'étude du tracé, et si on avait su résister au désir d'aller vite ! Malheureusement on a agi comme si on croyait possible de faire un chemin de fer sans étudier sa route, et le découragement du début a failli compromettre définitivement l'entreprise. L'utilité de cette voie est indéniable; la hâte du commencement ne saurait autoriser à en nier les conséquences économiques » (1).

VOIE ET BATIMENTS

Il y a pour une voie ferrée deux sortes de sujétions. Les unes sont les lois géométriques et mécaniques qui régissent toute ligne de chemin de fer, telles que : les règles relatives aux pentes et aux rampes, aux alignements et aux courbes. Les autres sont les conditions locales que le constructeur ne saurait négliger sous peine de voir son œuvre souvent compromise; celles-ci dérivent de la nature du sol, du climat, de la végétation, de la population, etc., etc.; ce sont elles qui donnent à la ligne sa physionomie propre.

Au Soudan surtout, certains des caractères que nous signalons sont nettement tranchés et diffèrent sensiblement des éléments correspondants de France ou d'Europe; aussi la ligne de Kayes à Bafoulabé n'est-elle point dépourvue d'un certain cachet d'originalité.

La nature géologique du sous-sol est l'élément important pour la détermination du tracé; on a rencontré, en général, des contrées argilo-schisteuses ou gréseuses, qui se distinguent par des phénomènes de dislocation importants : failles, falaises abruptes, érosions, ravins escarpés, plateaux rocheux surgissant de la plaine comme de gigantesques tables, etc., etc.

Il ne faut pas cependant induire de là que les opérations du tracé doivent être particulièrement difficiles dans ces pays, parce que, si la nature présente des obstacles considérables, la population, par contre, est l'objet de peu de préoccupations; en dehors de Médine, desservi par un embranchement spécial, il n'y a de Kayes à Bammako que le centre populeux de Kita qui soit digne de fixer l'attention. Sur la plus grande partie du parcours, les

(1) Rapport de M. Turrel, député, sur le budget des Colonies, en 1896.

villages sont indifféremment semés; et, d'ailleurs, l'indigène transporte si facilement ses pénates, qu'il ira de lui-même se fixer aux abords du chemin de fer quand son intérêt l'y appellera. Donc, débarrassé de toute influence politique, affranchi de toute préoccupation d'achat de terrain ou d'expropriation, l'ingénieur peut concentrer son attention sur les difficultés du sol et arriver ainsi à les tourner facilement.

C'est le climat surtout qui est pour le chemin de fer l'ennemi sérieux. Pendant une partie de l'année, des pluies torrentielles s'abattent sur le pays; elles délaient et entraînent les remblais, comblent les tranchées et rendent la voie presque impraticable aux endroits non ballastés; de plus, comme ces eaux tombent sur un terrain généralement imperméable, elles s'écoulent avec la plus grande rapidité et transforment instantanément un marigot à sec en un torrent qui emporte tout sur son passage. La conclusion de cette particularité du climat est qu'il faut faire des remblais très larges avec des talus à pentes très douces, des tranchées très grandes et pourvues de grands fossés, qu'il faut aussi répartir généreusement les ouvrages pour l'écoulement des eaux et les calculer avec de grandes dimensions. Plus qu'ailleurs il faut ballaster.

Ce n'est qu'à ces conditions qu'on sera assuré de la stabilité de la voie, et encore y arrivera-t-il parfois des accidents amenés par la chute inopinée d'une trombe d'eau sur un point donné.

Le climat jouera encore un rôle de premier ordre pour les questions d'habitation et d'alimentation en eau.

Quoiqu'il intéresse de près tout le monde, le problème de l'habitation agréable et saine n'est point encore résolu ; cependant, il est admis qu'un bâtiment surélevé d'un ou deux mètres au-dessus du sol, entouré d'une large véranda, protégé par une double toiture, se trouve relativement dans de bonnes conditions ; c'est ce que les services de l'artillerie et du génie ont essayé de réaliser au Soudan pour le chemin de fer, avec les modestes ressources dont ils disposaient : témoins les gares de Kayes, Kaffa, Diamou, Galougo, dont nous donnons les photogravures *(fig. 3, 4, 5 et 6)*.

L'alimentation en eau des machines sera aussi très souvent une grosse difficulté pendant la saison sèche. L'absence de pluies, l'imperméabilité du sol, la grande chaleur font que les marigots sont le plus souvent sans eau ; très souvent, on sera obligé de créer au point d'alimentation des barrages formant réservoirs, ou des citernes : exemple le barrage de Kaffa.



Fig. 4. — Gare de Kaffa.

Un autre gros inconvénient pour le chemin de fer soudanais, c'est la présence universelle des termites ou fourmis blanches, qui rongent toutes les espèces de bois et par suite empêchent l'emploi des traverses faites avec les différentes essences du pays.

L'expérience a d'ailleurs montré que pendant la saison sèche, les traverses en bois sont souvent détruites, soit par les escarbilles tombant des machines, soit par les feux qui s'allument dans la brousse aux environs de la voie.

Cependant, par suite de la pénurie des ressources budgétaires, on a dû presque exclusivement se contenter jusqu'à présent de traverses en bois du pays; mais il est certain qu'il faudra un jour les remplacer toutes par des traverses métalliques. Il est admis au Soudan que la durée moyenne des traverses en bois n'excède pas trois ans; bien que leur prix de revient ne dépasse pas 0,60 *f*, il n'est pas douteux que les remaniements de la voie qu'elles occasionnent, n'arrivent en définitive à être plus onéreux que l'amortissement et l'intérêt du capital qu'il faudrait une fois engager pour doter la ligne de traverses métalliques; en outre, on y trouverait l'avantage inappréciable d'avoir une ligne présentant les conditions voulues de sécurité pour qu'on n'hésite pas à y engager les trains lourds et de grande vitesse que la largeur de la voie comporte; et cette condition, peu importante encore aujourd'hui, deviendra primordiale quand le chemin de fer prendra de l'extension vers le Niger et qu'il faudra songer à y établir une exploitation serrée et économique.

Actuellement, on est arrivé à des résultats relativement satisfaisants en augmentant le nombre et l'équarrissage des traverses, en choisissant avec soin les essences les plus convenables : vinh, karité, yambalaba, kérékéto, etc., et les faisant couper au bon moment; mais ce système entraîne comme contre-partie l'appauvrissement des forêts avoisinant la ligne, et des difficultés de transport sans cesse croissantes pour les sections dépourvues de bois; en outre, il a l'inconvénient d'immobiliser un nombreux personnel au moment où le chemin de fer, allant de l'avant, réclame tous les bras disponibles.

Donc il faut, quoique avec regret, en prendre son parti et poser en principe que la traverse métallique est indispensable au Soudan; c'est une dépense de 10 000 à 12 000 *f* par kilomètre qu'il faut inscrire de ce chef.

Divers systèmes de traverses métalliques ont d'ailleurs déjà été expérimentés au Soudan, sur plusieurs kilomètres. L'un d'eux, le



Fig. 5. — Gare de Diamou.

système Ponsard et Boyenval, a donné des résultats satisfaisants.

Comme on le voit, on aurait pu déduire, *a priori*, des conditions du milieu dans lequel on opérait, des règles ou tout au moins des indications pour la détermination des principaux éléments de la voie ; il semble même qu'au début de la construction, une inspiration heureuse se soit fait sentir. Ainsi la création, avant toute chose, d'un appontement métallique sur le fleuve témoigne d'un sentiment exact des difficultés ; la largeur de la voie, 1 *m* est bien choisie ; le matériel était bien adapté comme type et comme dimensions. Pourquoi faut-il que les circonstances aient fait dévier cette bonne impulsion et compromette la réussite de cette entreprise qui aurait pu être une des plus belles du siècle ? Cependant tout ne sera pas perdu si l'expérience acquise est mise dorénavant à profit, pour travailler avec sûreté et décision à la réalisation du grand projet de Faidherbe.

TRACTION ET EXPLOITATION

Les débuts de l'exploitation ont été des plus pénibles ; il fallait tout organiser et les moyens d'action faisaient presque complètement défaut. Toutes les machines étaient hors de service ; on ne possédait pas de wagons à voyageurs ; à part quelques mécaniciens, le personnel indigène était complètement inexpérimenté ; le public même laissait beaucoup à désirer : les noirs étant habitués à voyager pour rien et les blancs entravant trop souvent le service par un zèle intempestif.

Malgré cela l'exploitation s'organisa.

Les machines se réparèrent peu à peu et, assujetties à suivre un horaire un peu lent peut-être au gré du voyageur, mais prudent et sage, elles arrivèrent à tenir plus longtemps la campagne.

On improvisa des wagons à voyageurs avec des plates-formes au-dessus desquelles on tendit de simples bâches.

Dressés par les Européens, des indigènes intelligents devinrent des chefs de train et arrivèrent à se reconnaître dans la réglementation et la comptabilité très simples que l'on a établies pour eux. Bien plus, ces emplois de chefs de train deviennent très recherchés des noirs et on peut à présent se montrer difficile pour leur sélection.

Les fonctions plus modestes de serre-frein trouvent plus facilement des amateurs.



Fig. 6. — Gare de Galougo.

De même, on est arrivé à dresser quelques chefs de gare et quelques télégraphistes, qui trouvent leur emploi dans les stations sans importance comme trafic et comme mouvement.

Le public indigène n'adopta pas dès le début le chemin de fer avec beaucoup d'entrain ; son enthousiasme était refroidi par le prix à débourser ; cependant les avantages de la voie ferrée se sont peu à peu imposés à son entendement et le nombre des voyageurs est allé sans cesse croissant. On a souvent dit que, pour le noir, le temps et la distance ne comptent pas ; il est certain que l'indigène est en général très bon marcheur et que le temps pour lui ne vaut pas de l'argent : ce sont là des circonstances défavorables au chemin de fer. Mais, par contre, les difficultés de circulation, surtout à la saison des pluies, dans un pays dépourvu de routes, la paresse native des races nègres, leur orgueil, etc., etc., sont autant de facteurs qui agissent en sens inverse et rétablissent l'équilibre.

Sans doute, l'exploitation du chemin soudanais n'affecte pas la forme correcte, compassée presque, de celle de nos grands réseaux de France ; mais, si elle revêt un certain caractère bon enfant que permet d'ailleurs la situation, elle n'en existe pas moins et ce fait d'une exploitation régulière que l'on niait presque au début est désormais acquis.

Aussi commence-t-on déjà à retirer le bénéfice d'un service sérieux sur lequel le public peut compter. Les recettes, et nous ne parlons ici que des recettes commerciales, ont plus que doublé dans l'intervalle des dernières années. Qu'on en juge d'ailleurs par des chiffres suivants :

CHAPITRE DES RECETTES	1893	1894	1895
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Commerce.	41 479,72	78 480,44	93 749,34
État et colonies	88 180,55	190 885,39	166 451,02
TOTAUX.	129 660,17	269 365,83	260 200,36
Recettes hors trafic et cessions diverses . .	» »	24 110,23	34 053,28
TOTAUX GÉNÉRAUX.	129 660,17	293 476,06	294 253,64

Comme on le voit, la situation est en voie de progrès constant et sérieux et ne peut que s'améliorer.

Un élément important de recettes pour le chemin de fer sera

prochainement la mise en service d'un nouveau matériel pour voyageurs.

Actuellement les Européens voyagent dans des wagons aménagés avec les moyens de fortune dont on disposait; les indigènes trouvent place au-dessus des caisses empilées dans les plates-formes.

Il est évident que la mise en service d'un matériel convenable décidera bien des hésitants au sacrifice d'argent nécessaire pour voyager confortablement.

Nous allons donner la description de ce nouveau matériel ainsi que de l'ancien à titre de comparaison et de document historique.

Description sommaire du matériel ancien.

A. — Machines.

Depuis sa création jusqu'à la fin de l'année 1893, le chemin de fer du Soudan a reçu de France sept machines :

a) Une machine de 15 *t*, le *Kayes*.

b) Quatre machines de 10 *t* (le *Kipps*, le *Gouina*, le *Mafou*, le *Félou*).

c) Deux machines de 12 *t* (le *Paul-Holl* et le *Capitaine Marchi*.

Machine type Kayes. — Bien que très ancienne, le machine *Kayes* a conservé intacts ses organes essentiels. C'est qu'étant donné son poids, on ne l'a affectée au service des trains réguliers que depuis peu, lorsque la consolidation des ouvrages d'art a permis de la faire circuler sans danger. Jusque-là elle n'avait servi qu'aux travaux de ballastage.

Elle a l'inconvénient d'avoir un mécanisme un peu compliqué, mais elle est assez puissante et peut remorquer un poids utile de 25 *t* sur des rampes de 30 *mm* par mètre.

Machine type Kipps. — Les quatre machines du type *Kipps* sont en service depuis 1881, c'est dire qu'elles sont très fatiguées et n'offrent plus aucune certitude de bon fonctionnement. Elles remplacent, en cas de besoin, les machines affectées aux trains réguliers de Bafoulabé, assurent le petit service des trains entre Kayes et Médine et servent enfin aux travaux de ballastage de la voie.

Ce sont des machines à six roues couplées permettant de remorquer une charge de 12 *t* sur les rampes de 0,030 *m*. Indépen-

Description sommaire du nouveau matériel.

A. — Machine type « colonel Bonnier ».

Les machines des trois types décrits plus haut ne peuvent remorquer que de petits chargements et deviennent insuffisantes à satisfaire au besoin croissant de l'exploitation. D'un autre côté les améliorations apportées à la voie et la consolidation de principaux ouvrages d'art permettent de faire circuler un matériel plus lourd, aussi a-t-on pu, en 1895, mettre en service une locomotive-tender du poids de 24 *t*, dont la fourniture a été faite par la Société des établissements Decauville aîné.

La locomotive *colonel Bonnier* est à 6 roues couplées ; la suppression du boudin des roues du milieu et la présence à l'arrière d'un essieu porteur radial permettent son inscription dans des courbes de faible rayon.

La contenance des soutes à eau est de 3 m^3 ; cet approvisionnement permet de supprimer la plupart des points d'eau, d'où une grosse économie de personnel et une diminution de la durée du trajet.

Les essais de la machine Bonnier ont, jusqu'à présent, donné d'assez bons résultats ; avec le profil actuel de la ligne, elle peut remorquer une charge de 45 *t*, soit des trains de 10 voitures, à la vitesse de 25 *km*. Cette puissance de transport sera doublée à bref délai quand on aura adouci quelques rampes assez fortes qui ne peuvent être franchies par élan.

B. — Wagons.

a) *Wagons de voyageurs.* — En même temps que la machine Bonnier, on a mis en service deux wagons de voyageurs : un wagon de 2e classe et un wagon de 3e classe.

Ces wagons sont à boggies et réalisent à peu près toutes les conditions qu'on peut demander aux colonies. Ils sont spacieux, bien aérés et assurent aux voyageurs un grand confortable.

b) *Wagons-fourgons. Gros matériel.* — Quatre fourgons pouvant porter 8 *t* complètent le gros matériel et sont très bien appropriés à la nature des transports que le chemin de fer est appelé à effectuer.

Des trains d'essai de ce nouveau matériel, composés de deux wagons de voyageurs et de trois fourgons ont été mis en marche sur les sections Kayes-Médine et Kayes-Bafoulabé.

Au préalable des travaux avaient été faits pour consolider les ponts, élargir les tranchées et réfectionner la voie aux points les plus fatigués par l'hivernage.

Les trains d'essai ont permis de constater que le gros matériel peut circuler sans difficulté pendant la saison sèche.

Dès le mois de décembre 1895, des trains de service ont été organisés pour permettre de donner aux travaux annuels d'entretien un plus grand développement ; toutes les traverses métalliques que possède le chemin de fer vont être posées entre Kayes et Bafoulabé, les vieilles traverses en bois remplacées, la couche de ballast augmentée de 0,10 *m* et les ponceaux refaits; de cette façon la voie sera certainement en état de pouvoir supporter le gros matériel pendant l'hivernage.

C'est en vue de ce résultat à venir que seront établies dès maintenant les demandes d'approvisionnements, l'adoption du gros matériel ayant été reconnue nécessaire pour assurer normalement et économiquement l'exploitation du chemin de fer.

DÉPOT ET ATELIERS

Organisation des chantiers. — Les chantiers du dépôt, créés depuis 1886, comprennent actuellement :

1° Les ateliers à fer, dont les machines-outils sont actionnées par une locomobile d'une puissance de 6 *ch*. L'outillage permet de faire facilement les réparations et le montage des machines ; il vient d'être récemment complété par l'installation d'un tour et d'une machine à décaler les roues.

2° Une fonderie permettant de couler les pièces de rechange en fonte et en bronze.

3° L'atelier de levage des machines.

4° Les ateliers à bois (menuiserie et charpenterie), qui seront complétés en 1896 par l installation d'une scierie mécanique.

5° Une fabrique d'huile d'arachide.

Personnel. — Le personnel, dirigé par un chef de dépôt européen, comprend :

1° Trois ouvriers civils (deux ajusteurs mécaniciens et un chaudronnier) ;

2° Des sapeurs du génie choisis parmi les meilleurs ouvriers en fer du régiment de chemins de fer et qui rendent de bons services dès qu'ils sont acclimatés ;

3° Des indigènes, ajusteurs, forgerons, menuisiers et charpentiers.

Ces derniers se perfectionnent de plus en plus et se familiarisent avec la conduite des machines-outils et les principales réparations des machines. En particulier, les races Bambara et Ouolof présentent de bons éléments qu'on dresse à tous les travaux d'ateliers, de manière à ne laisser aux Européens que la direction.

Mécaniciens et chauffeurs. — On a renoncé depuis longtemps à faire conduire les machines par les Européens, qui ne peuvent résister à la chaleur et à la poussière. Aussi a-t-on formé un personnel de mécaniciens et chauffeurs noirs qu'on a recrutés parmi les meilleurs ouvriers en fer du dépôt et auxquels on a fait faire un long apprentissage. Ces mécaniciens noirs sont résistants, intelligents, dévoués et connaissent bien leurs machines ; ils excellent surtout dans la réparation des avaries en cours de route.

TRAVAUX NEUFS

Construction du pont de Mahina.

L'histoire du service actuel des travaux neufs commence a la construction du pont de Mahina; jusque-là plus utile que brillant, il avait dû borner son effort à coopérer à l'œuvre commune de la mise en état de la voie de Kayes à Bafoulabé et, par conséquent, il avait dû se ressentir du décousu qui se manifeste toujours dans un travail ingrat de réfection. Au pont de Mahina seulement, il a pu se concentrer et se coordonner comme doit l'être un service régulier. Nous nous bornerons donc à une narration succincte des opérations de mise en place du pont de Mahina et nous chercherons à poser ensuite les principes qui doivent guider la construction de la voie dans son développement ultérieur.

La voie de 1 *m* s'est arrêtée longtemps sur le bord de la brèche du Bafing et ce n'est pas sans raisons. Aux environs de Bafoulabé, ce fleuve ne mesure pas moins de 400 à 450 *m* de largeur et son lit se creuse au fond d'une petite vallée qui a été créée

dans le thalweg de la vallée générale par le travail incessant de ses eaux et par l'érosion des berges sous l'action des pluies.

La dépression ainsi formée atteint 12 et 15 *m* ; on conçoit donc le sentiment de difficulté qui nait dans l'esprit de l'observateur à l'aspect de ce fossé profond ; le sentiment est tellement réel et tellement naturel que les noirs du pays se sont longtemps refusés à croire que l'on pourrait surmonter pareil obstacle et que, maintenant même, le pont étant en place, c'est encore pour eux un objet d'étonnement.

Et certes, s'il avait fallu le construire à Bafoulabé ou en un point quelconque du fleuve, la chose aurait été presque irréalisable, en raison des difficultés de l'entreprise, des mauvaises conditions locales et du peu de ressources qu'offre le pays pour les travaux de ce genre; mais, heureusement, on n'était lié par aucune attache d'intérêt politique ou particulier, et on n'avait à envisager que les difficultés physiques de la question.

Le problème se posait ainsi : franchir le Bafing dans une région donnée.

Il a été très heureusement résolu par le choix du gué de Mahinadi, appelé aussi dans le pays « gué des Toucouleurs », situé à 6 *km* en amont de Bafoulabé.

Comme situation générale, le pont est parfaitement placé. Il se trouve sensiblement sur la ligne droite qui joint deux points de passage obligés de la ligne du chemin de fer (rocher de Manila et massif du Schella), ce qui se traduit par un raccourcissement notable du tracé, qui gagne de 5 à 6 *km* sur la ligne actuelle passant par Bafoulabé.

La position à l'extrémité du bief navigable du Bafing assure au point de Mahinadi, au même titre que Bafoulabé, tous les avantages de communication par eau avec les localités voisines.

Mais, surtout au point de vue technique, la solution est des plus heureuses. On trouve là une table rocheuse d'un grès compact, sur laquelle coule à l'étiage une mince couche d'eau ; les fondations doivent donc être très solides et très facilement exécutables.

Le seul inconvénient que l'on puisse relever, c'est le fait de négliger Bafoulabé, qui est à la fois un poste militaire, un cercle administratif et une localité d'une certaine importance; mais tout le monde s'accorde à dire que l'importance de Bafoulabé, qui était considérable avant l'occupation du Kaarta, provient uniquement aujourd'hui de ce que ce point est la tête de ligne de la

voie de 1 *m* et qu'elle disparaîtra avec elle ; pour les besoins du poste et du cercle, le fleuve offre une voie de communication qui semble suffisante. On pourrait, au besoin, construire entre la gare de Mahina et Bafoulabé un embranchement qui a déjà été étudié mais qui paraît inutile.

Par une mesure de sage prévoyance, le lieutenant-colonel Archinard, commandant supérieur du Soudan, avait autorisé la direction du chemin de fer à entreprendre les fondations des piles dès le mois d'avril 1893.

On avait naturellement choisi l'époque de plein étiage. A ce moment, l'emplacement de plusieurs piles était à découvert et on a pu, sans dispositif aucun, maçonner le soubassement à l'air libre. Pour la plupart d'entre elles, il y avait une hauteur d'eau variant de 0,25 *m* à 1,10 *m*. Comme il eût été difficile, en raison de la nature rocheuse du fond, d'établir un batardeau étanche avec des pieux et des palplanches, on s'est résolu à faire les fondations au moyen de béton coulé sous l'eau dormante.

On opérait comme suit. Au moyen de grandes digues barrant transversalement le fleuve, on rejetait le courant principal sur la rive opposée à celle où l'on travaillait. Ces digues étaient tout simplement constituées par des cailloux que l'on trouvait en abondance dans le lit même du cours d'eau. On obtenait ainsi une eau relativement tranquille et, en construisant par les mêmes moyens une enceinte autour de l'emplacement de la fondation, on avait une eau tout à fait calme dans laquelle on pouvait sans danger immerger le béton.

L'expérience a d'ailleurs justifié cette façon de faire et les fondations de toutes les piles se sont parfaitement comportées

En 1893, on n'a pu, faute de chaux et d'argent, que faire les soubassements des piles, qui ont été élevées à 0,40 *m* ou 0,50 *m* au-dessus de l'étiage.

En 1894, on éleva de 1,10 *m* ou 1,20 *m* toutes les piles du pont de Mahina.

On leur donna la forme classique et très simple de la pyramide tronquée, en tenant cependant verticaux les parements d'amont et d'aval ; un avant-bec est à l'amont. Elles mesurent à la base 2,50 *m* d'épaisseur et au sommet 1,80 *m* ; leur hauteur a été fixée à 7,50 *m* au-dessus de l'étiage ; comme les crues les plus fortes observées ne dépassent pas 5 *m*, la partie inférieure du tablier du pont sera toujours à 2,50 *m* au-dessus de l'eau.

On les a construites en grosse maçonnerie de moellons à assises

réglées, avec un beau grès couleur gris violacé, que l'on a trouvé en abondance non loin du pont, sur la rive droite du fleuve.

Le sable employé a été extrait de la rivière même. Il est très

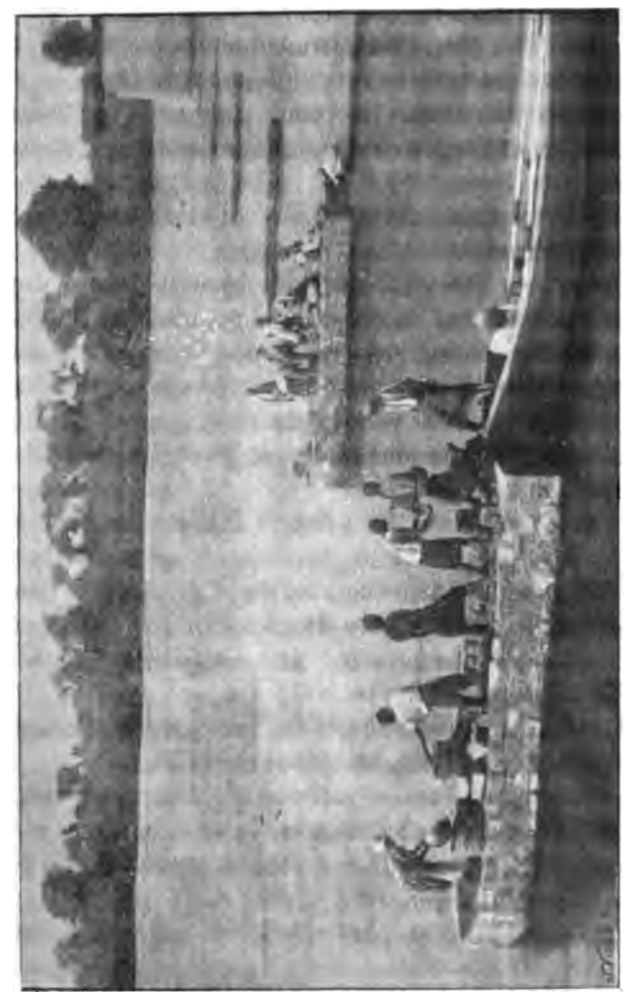


FIG. 7. — Construction des piles du pont de Mahina. État d'avancement des travaux le 10 novembre 1895.

pur, mais un peu fin. On a fait usage de la chaux hydraulique du Teil.

Ce n'est qu'au mois de mai 1895 que l'on put reprendre, mais alors d'une façon intensive, la construction des piles et des culées.

Il est inutile de dire que ce sont des raisons étrangères à l'art de la construction qui ont motivé ce retard.

On apprit seulement vers la fin d'avril 1895 que l'on avait les crédits demandés pour la construction. Le moment n'était guère favorable pour les travaux ou plutôt ne l'était plus.

La saison sèche tirait à sa fin ; les eaux n'allaient pas tarder à monter, couvrant les tronçons de piles et rendant le travail difficile et pénible ; en outre, l'on entrait dans la période où le recrutement des ouvriers devient très difficile au Soudan.

On commença seulement le 8 mai, mais avec un chantier très réduit, difficilement approvisionné, dans de médiocres conditions en un mot.

La première tornade survint le 20 mai et annonça le commencement de l'hivernage.

On ne put élever que neuf piles, quelque diligence que l'on ait pu faire pour gagner sur la crue. Il fallut attendre la baisse des eaux pour édifier les six dernières (*fig. 7*) et, par suite, construire, seulement en novembre et commencement décembre, des piles destinées à travailler vers la fin de janvier. C'était un bien court délai qui n'alla pas sans quelques inconvénients, ainsi qu'on le verra plus loin.

La charpente métallique du pont de Mahina est formée de 16 travées de 25 *m* (ou plutôt de 24,95 *m*, une tolérance de 5 *cm* ayant été adoptée pour tenir compte de la dilatation). Chaque travée est formée de deux poutres de rive à treillis (*fig. 8* et *9*), séparées à la partie supérieure par une distance de 3 *m* et réunies par des pièces de pont formant entretoises.

De part et d'autre, il existe des gardes-corps supportés par des consoles laissant entre eux un espace libre de 4,20 *m*. Des tôles ondulées couvrent la face supérieure de l'ossature métallique ; elles sont recouvertes de béton pour la facilité de la circulation des piétons et des troupeaux autorisés à passer sur le pont dans l'intervalle des trains (*fig. 10*).

L'ensemble métallique pèse de 1 000 à 1 100 *kg* au mètre courant.

Dans l'établissement du projet de cette charpente, on ne s'est pas attaché à donner strictement à chaque pièce les dimensions résultant des efforts à supporter, ce qui aurait conduit à un ouvrage dont tous les éléments auraient différé les uns des autres ou, du moins, auraient formé un très grand nombre de groupes composés chacun de quelques unités.

On a admis qu'il y avait intérêt, pour faciliter le triage à l'arrivée et le montage, à réduire autant que possible, comme dans

Travée du pont de Mahina.

Fig. 8. — Élévation (1/150).

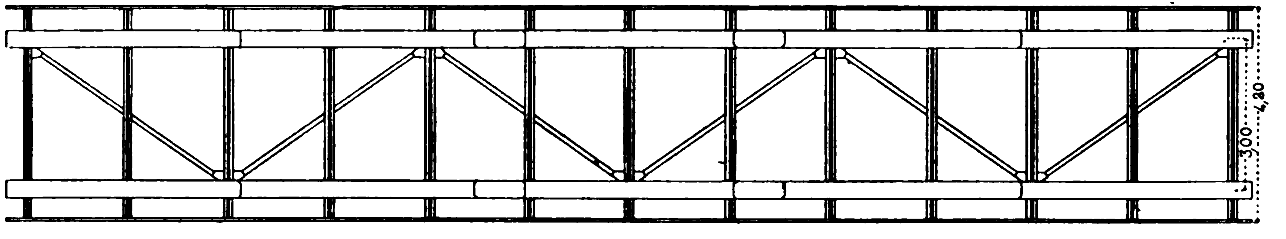


Fig. 9. — Plan (1/150).

les ponts militaires mobilisables, le nombre des pièces différentes les unes des autres, quitte à ce que ces pièces fussent un peu moins appropriées à leur destination, plus fortes qu'il n'est nécessaire.

L'augmentation de poids qui devait en résulter pour l'ouvrage était compensée d'autre part. Il est, en effet, de toute nécessité, lorsqu'on envoie un ouvrage de cette importance dans une colonie comme le Soudan, de prévoir largement les pièces de rechange; car si un seul élément venait à manquer au moment du montage,

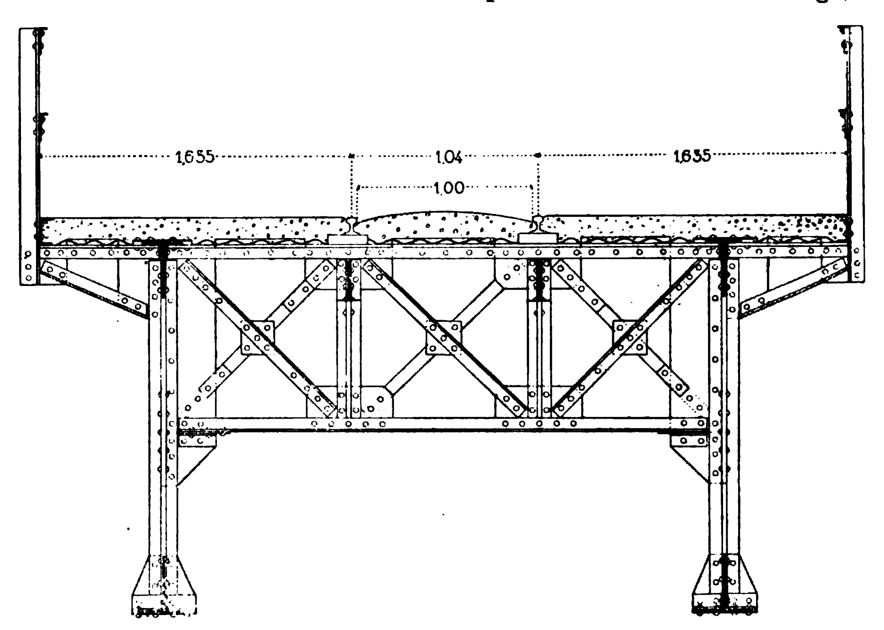


Fig. 10. — Pont de Mahina. Section verticale d'une travée (1/40).

soit parce qu'il aurait été égaré, soit parce que, détérioré, il n'aurait pu être réparé avec les faibles ressources de la colonie, la mise en place du pont pourrait être retardée d'un an. Or, le nombre de pièces de rechange à joindre à l'envoi est d'autant moindre que l'ouvrage comporte moins de pièces de modèles différents.

On n'est pas allé aussi loin, à cet égard, que dans les ponts militaires dont toutes les pièces du treillis ont la même force; on a seulement admis pour le pont de Mahina, qui se compose de 12 panneaux, que ces pièces seraient traitées différemment suivant qu'elles appartiendraient aux panneaux des extrémités, à ceux du centre ou aux panneaux intermédiaires.

Pour tenir compte de l'action rapide de l'oxydation dans un pays



FIG. 11. — Lancement de la charpente métallique du pont de Mahina. Commencement des travaux (5 décembre 1895).
Hangar métallique abritant une travée et servant de point d'appui pour soulever les éléments du pont au moment du montage.

très chaud et très humide, où d'ailleurs les soins d'entretien peuvent parfois être imparfaits, on n'a donné à aucune pièce une épaisseur inférieure à 10 *mm*, même lorsque le calcul indiquait un chiffre plus faible.

Quand ils pèsent plus de 1 500 *kg*, les colis destinés au Soudan paient double fret et sont d'ailleurs difficilement maniables avec les moyens de déchargement dont on dispose actuellement à Kayes. On s'est donc toujours tenu au-dessous de cette limite, mais on l'a serrée d'assez près pour les membrures inférieures et supérieures que l'on a expédiées en tronçons dont les éléments étaient déjà rivés entre eux de façon à diminuer le travail à faire dans la colonie.

Les pièces de pont ont également été envoyées tout assemblées.

En même temps que la charpente, le Ministère des Colonies avait envoyé tous les apparaux (rouleaux, vérins, bois de calage, treuil, cordages) nécessaires pour le montage et le lancement du pont et sa descente sur ses appuis, ainsi que les outils de toute nature, de façon que les chantiers pussent fonctionner sans avoir besoin de faire aucun emprunt aux ateliers de Kayes.

Le département avait envoyé aussi un hangar métallique assez grand pour recevoir toute une travée et destiné à être placé sur la plate-forme de montage, de façon à abriter les ouvriers contre les ardeurs du soleil *(fig. 11)*. C'est une sage précaution qu'on ne saurait trop louer et recommander à ceux qui auront des travaux de ce genre à exécuter au Soudan.

La charpente de ce hangar avait été disposée et calculée de façon à pouvoir servir de point d'appui pour soulever les divers éléments du pont en vue de l'assemblage.

Un chef monteur et un adjoint du génie, qui connaissaient bien la charpente du pont pour en avoir surveillé l'exécution en usine et l'embarquement à Bordeaux, furent envoyés au Soudan et mis à la disposition du directeur du chemin de fer.

La charpente métallique a été fabriquée à Paris, dans les Ateliers de construction de Levallois-Perret.

Bien étudié, bien surveillé dans sa confection, ce matériel n'a donné lieu à aucun mécompte. Toutes les pièces étaient faciles à manier, faciles à assembler, et le degré de perfection de l'usinage était tel qu'aucune d'entre elles n'a dû être rebutée.

Une travée supplémentaire, commandée par prudence pour parer aux mécomptes, a été complètement inutilisée et reste disponible pour la construction d'un pont de 25 *m* d'ouverture.

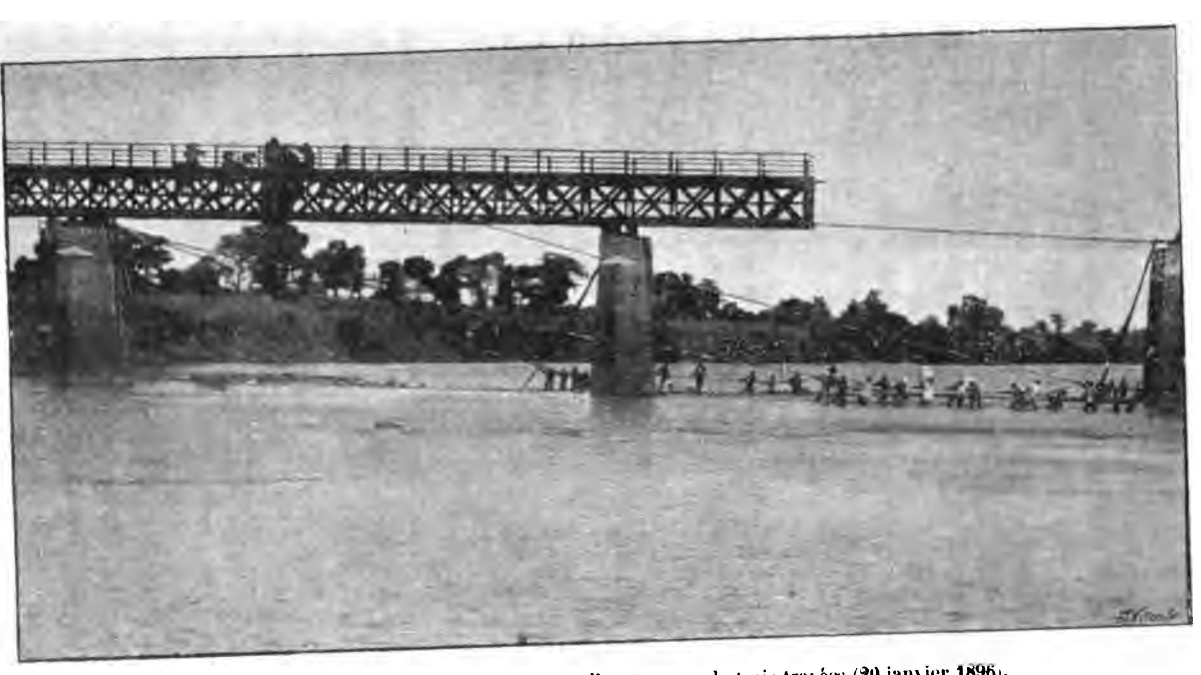


Fig. 12. — Pont de Mahina. Lancement d'un tronçon de trois travées (20 janvier 1896).

Enfin, on avait pris la précaution de charger tous les éléments du pont et les accessoires sur le même bateau allant directement de Bordeaux à Kayes.

Une fois le pont construit, les travées devaient être rendues indépendantes ; mais, pour le lancement, il était indispensable de les assembler provisoirement entre elles de façon à se faire mutuellement contrepoids.

On a admis que le lancement aurait lieu par groupes de trois travées, de cette façon on avait en même temps qu'une stabilité absolue, un poids aussi faible que possible à mouvoir *(fig. 12 et 13)*.

Le montage se faisant uniquement sur la rive de départ, les trois premières travées montées devaient être poussées sur la rive opposée, les trois suivantes amenées au contact de celles-là et ainsi de suite.

Le montage du pont a commencé le 5 décembre et le rivetage le 12. Après les quelques tâtonnements inhérents à tout début, on est arrivé, sans effort, à obtenir la vitesse d'une travée par semaine. Certes, ce n'étaient point les conditions d'exécution que l'on aurait pu obtenir en France ; toutefois, eu égard à l'infériorité ordinaire du travail des noirs, c'est un résultat satisfaisant ; il faut en tirer cette conclusion que l'on peut aborder sans crainte, au Soudan, n'importe quel travail de montage ; on pourra en venir à bout avec les ouvriers du pays.

Pour le lançage, les choses ont moins bien marché.

L'expérience a montré que les dispositions prévues pour assembler provisoirement les travées entre elles étaient insuffisantes au moins pour la partie inférieure de la poutre. Quand le joint s'est avancé dans le vide et que la semelle inférieure a commencé à travailler à la traction, quelques boulons ont cassé et il a fallu consolider l'assemblage par des cours de fer plat moisés. Cela, d'ailleurs, n'a pas occasionné un gros travail.

De même, l'appareil de traction pour la mise en marche du tronçon de trois travées, qui était un treuil de 3 000 *kg*, était trop faible ; il a fallu aider au mouvement par quelques palans.

Toutes ces critiques sont sans grande importance et la progression du tronçon se faisant sûrement, quoique lentement, lorsque se produisit un accident qui aurait pu être plus grave.

Le 30 janvier, pendant le lancement de la pile 12 sur la pile 13, au moment du porte à faux maximum, c'est-à-dire quand l'avant du tronçon allait arriver à destination, on vit se déclarer, sur la

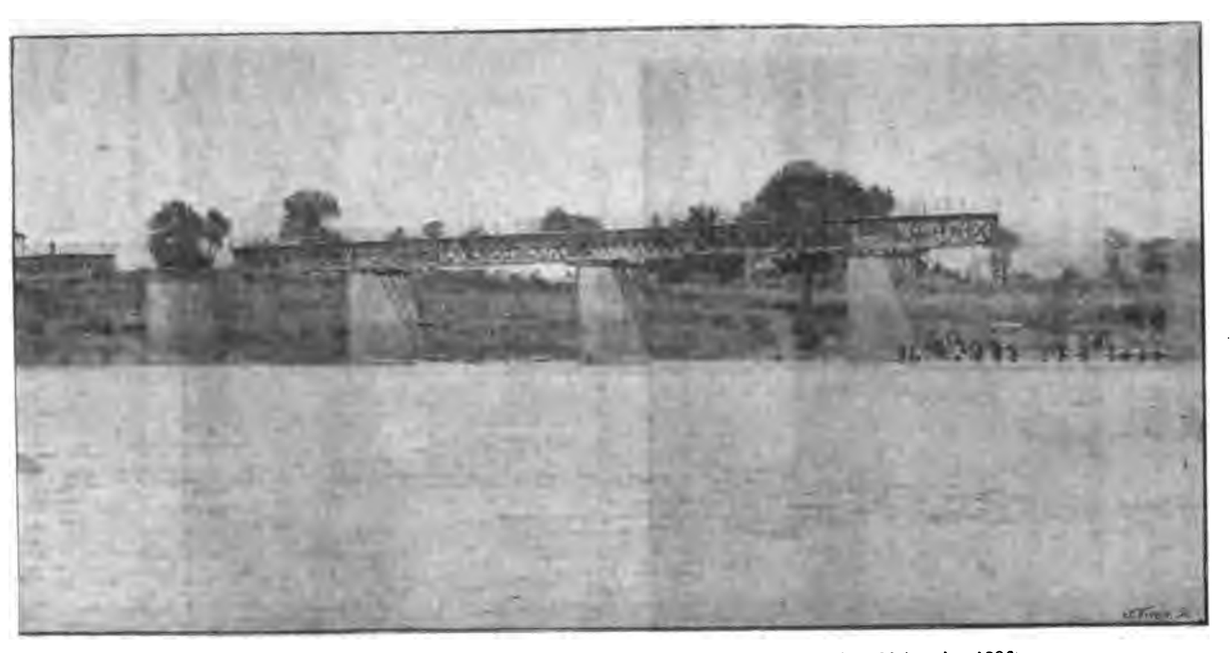


FIG. 13. — Pont de Mahina. Lancement d'un tronçon de trois travées (20 ianvier 1896).

pile 12, deux fissures très nettes au droit des rouleaux, indiquant que la pile supportait une fatigue excessive et qu'il fallait s'arrêter.

La poutre métallique fut aussitôt calée et étançonnée ; aucun mouvement, aucun accident de personnes ou de matériel ne se


Pont de Mahina. Épreuves du 6 juin 1896



Fig. 14. — Les deux locomotives sont au milieu du pont.



Fig. 15. — Les deux locomotives arrivent à l'une des extrémités.

produisit et on put alors rechercher à loisir les causes de ce contre-temps et les moyens d'y remédier.

L'examen de la démolition de la pile montra clairement que le mortier n'avait pas encore fait prise et cependant il avait à ce moment plus de cinquante jours d'existence.

La pile fut réparée au ciment et, pour se mettre à l'abri de semblables mésaventures avec les autres piles, on attendit encore cinquante jours autant qu'on pouvait le faire sans gêner le montage. On n'eut plus rien de fâcheux à constater.

Le dernier lancement se fit le 17 avril. Le dressage et la descente du pont sur ses appuis furent terminés le 12 mai.

Il n'y avait plus qu'à procéder aux essais prescrits par le règlement du 29 août 1891; ceux-ci ont eu lieu les 4, 5, 6 et 8 juin (*fig. 14 et 15*), en présence et par les soins d'une commission d'officiers de toutes armes nommée à cet effet. Le pont a admirablement résisté donnant seulement une flèche de 12 à 13 *mm* là où la flèche théorique indique 20 *mm*.

Le pont de Mahina est donc acquis à la colonie et nul doute qu'il ne contribue puissamment à sa prospérité et à son développement.

ACHÈVEMENT DE LA LIGNE DU SÉNÉGAL AU NIGER

§ 1. — **État de la question.**

Les études de la ligne du Sénégal au Niger existent à l'état d'avant-projet pour les deux sections Bafoulabé-Kito et Kita-Bammako-Toulimandio.

Ces travaux, exécutés par les missions des colonels Marmier et Joffre, ont été approuvés par le Comité des travaux publics des colonies dans les séances du 1er juillet 1892 et du 18 octobre 1893.

Un commencement d'exécution a consisté dans l'établissement de la voie de raccord de la ligne Kayes-Bafoulabé au pont de Mahina; le pont de Mahina est actuellement terminé.

La ligne du pont de Mahina à Kalé est aussi très avancée; l'infrastructure est achevée et ce n'est qu'une question de quelques mois pour en finir avec la superstructure.

Au delà de Kalé et jusqu'à Dioubéba (à 43 *km* de Bafoulabé), la question est préparée pour 1897; les études définitives sont faites, le matériel est commandé et arrivera au mois d'août prochain; on peut donc préjuger la solution et admettre qu'à l'hivernage 1897, la voie de 1 *m* atteindra Dioubéba.

Nous prendrons la question de l'avancement à ce point.

§ 2. — Hypothèse sur les conditions d'exécution.

Nous supposerons que l'organisation du service du chemin de fer reste ce qu'elle est aujourd'hui, c'est-à-dire pour la définir en deux mots : un service central de haute direction à Paris, c'est le Ministère des Colonies, et un service local au Soudan.

Au service Central appartiennent la demande et la répartition des fonds, l'approvisionnement du matériel, le recrutement et la relève du personnel européen; c'est lui qui fournit les moyens d'action.

Au service local incombe la direction des travaux par la mise en œuvre des ressources du pays et des moyens que lui donne la métropole.

Ce service est actuellement entre les mains d'un détachement du 5e régiment du génie (régiment de chemins de fer).

Nous admettrons enfin que l'on veuille pousser la voie d'une façon intensive et que l'on dispose des fonds nécessaires pour cela.

§ 3. — Vue d'ensemble sur la ligne du Sénégal au Niger.

La ligne du Sénégal au Niger se développe dans un pays moyennement accidenté où elle pourra, sans grands frais, réunir les conditions imposées (rayon minimum : 300 *m;* déclivité maxima : 25 *mm*). L'aspect général du terrain varie peu et les difficultés que l'on rencontre se maintiennent dans une note moyenne assez uniforme.

Sur un parcours de 400 *km*, il n'y a guère à signaler que les points exceptionnels suivants :

1° Le passage du Bakhoy à Toucolo, où l'on a prévu un pont de 360 *m;* mais dans des conditions faciles d'établissement, sur un seuil rocheux, avec une faible hauteur d'eau à l'étiage, plusieurs piles même étant à sec;

2° Le col du Manambougou exigeant des travaux assez sérieux de roctage;

3° Les gorges du Kandiaourva, par lesquelles la ligne accède sur le plateau à l'est de Kita; un remblai très long et très haut;

4° La descente au Niger, qui nécessitera de grands travaux sur un parcours de 6 à 7 *km*.

En dehors de ces points, les remblais présentent rarement plus de 3 *m* de hauteur; les déblais sont presque toujours inférieurs à 2 *m* de profondeur; presque toujours la voie suit le terrain naturel avec des remblais ou des déblais destinés seulement à l'égaliser.

Néanmoins, quelque facilité que présente le pays, il est des limites de vitesse de construction qu'il est difficile de dépasser. C'est ainsi que nous serons arrêtés par des considérations de travailleurs à recruter, de matériel à amener au Soudan d'abord, à pied d'œuvre ensuite, et nous n'envisageons là que des difficultés purement techniques en laissant dans l'ombre le côté financier, politique et même militaire de la question.

Aussi, quoique l'achèvement de la ligne une fois résolu et les fonds assurés, il soit du plus haut intérêt pour tous et pour le chemin de fer lui-même d'en poursuivre sans retard l'exécution, faudra-t-il néanmoins se résoudre à accorder un long délai avant de recueillir les fruits de ce travail.

D'ailleurs, l'expérience quotidienne aujourd'hui des chemins de fer coloniaux doit nous éclairer à ce sujet.

Le chemin de fer de Dakar à Saint-Louis a été fait à la vitesse de 86 *km* par an; mais il faut remarquer qu'il a été entrepris par les deux bouts, ce qui réduit la vitesse à 43 *km*, dans un pays exceptionnellement facile et voisin de la mer.

La ligne de Phu-Lang-Thuong à Langson et celle du Congo belge, de Matadi à Stanley-Pool, ont marché beaucoup plus lentement.

Il est vrai que, comme vitesse très supérieure, on peut citer l'exemple du transcaspien exécuté sous l'habile direction du général Annenkov.

Il est possible que la forte organisation militaire soit un facteur de succès dans des travaux de cet ordre; quoi qu'il en soit, on peut adopter, en se basant sur les considérations que nous allons exposer, une vitesse relativement élevée allant jusqu'à 60 *km* par an, mais variable avec les difficultés de chaque section.

Dans ces conditions, la construction durerait huit ou neuf ans.

§ 4. — Exécution des travaux.

Les travaux à exécuter peuvent être rangés en quatre catégories :

1° *Terrassements.* — Les terrassements peuvent être entrepris en autant de points qu'il est nécessaire et n'exigent que des bras et quelques outils ; par conséquent, les difficultés provenant de ce chef peuvent être écartées en s'y prenant à temps avec un peu de prévoyance. Il est bon de les faire un an d'avance pour que le tassement se soit produit avant la pose de la voie.

2° *Ouvrages d'art.* — Sauf des cas particuliers, il faudra attendre l'arrivée du rail sur les bords de la brèche pour procéder au transport, au montage et au lancement des charpentes métalliques des ponts. C'est là ce qui aura la plus grande influence sur la vitesse du travail.

3° *Pose de voie.* — La pose de voie doit se faire à l'avancement ; elle peut atteindre, avec des équipes bien organisées, une vitesse journalière de 900 à 1 000 *m*. Elle sera donc seulement limitée par les considérations de transport de matériel.

4° *Finissage de la voie.* — Le finissage de la voie (ballastage, pose d'aiguilles, plaques tournantes, prises d'eau, construction et installation des gares) peut se finir à loisir après coup et n'influe qu'indirectement sur la vitesse du travail.

En résumé, la rapidité d'exécution est limitée par les ouvrages d'art et le transport du matériel de voie.

§ 5. — Personnel.

L'expérience a condamné, comme un moyen inefficace et même barbare, l'emploi, sous le terrible climat du Soudan, de manœuvres étrangers au pays, tels que Chinois, Marocains ou Italiens. Il faut demander à la race noire indigène de fournir la main-d'œuvre nécessaire, mais, dans ce cas, les chantiers et travaux sont absolument liés à la vie agricole. Ainsi, pendant l'hivernage, période de culture, il est très difficile de recruter du personnel, et l'on se résigne à celui qui fait métier de manœuvre auprès des divers services. Au contraire, pendant la saison sèche et plus particulièrement pendant les mois frais de décembre,

janvier, février et même mars, les indigènes, ayant terminé leurs moissons, accourent en foule sur les chantiers, demandant du travail pour se procurer quelques douceurs. On peut avoir facilement, pendant ces trois mois, plusieurs milliers de travailleurs, de qualité médiocre, sans doute, absolument incapables d'autre chose que de porter des fardeaux et de manier une pelle, mais suffisants, en somme, pour des travaux de terrassement.

On peut faire faire à ces hommes 1 ou 2 m^3 de remblai ou déblai par jour, ce qui, pendant 100 jours, donne, en admettant qu'on emploie 1 500 travailleurs, 180 000 à 200 000 m^3 de terrassement; c'est le chiffre que l'on trouve, en moyenne, dans les avant-projets, pour une étendue de 50 à 60 *km* de ligne.

Remarquons qu'avec les progrès du chemin de fer cette catégorie de travailleurs s'augmentera sans cesse, par les licenciements qui se produiront dans les services réduits ou supprimés (laptots, conducteurs et porteurs) et par l'habitude croissante que prennent les noirs de venir travailler au chemin de fer.

Donc le gros œuvre sera fait pendant la saison sèche par le tout-venant des manœuvres; un chantier permanent de 200 à 300 indigènes, un peu dégrossis, finira la voie pendant le reste de l'année.

Les ouvrages d'art seront construits par des ouvriers ordinairement Ouolofs que l'on trouve à recruter dans le pays en assez grande quantité; on pourrait également dresser des indigènes du Soudan.

Le service des travaux neufs prenant une grande importance, et les services de la voie et de l'exploitation voyant de jour en jour augmenter leur champ d'action, il faudra prévoir une certaine augmention du personnel du génie.

§ 6. — Approvisionnements du matériel.

La question des approvisionnements sera des plus importantes; outre les difficultés de commande, d'adjudications, de réception ou de livraison en France, il faut compter encore avec celles du voyage à Kayes et celles du débarquement.

Des navires de haute mer de 1 500 à 2 000 *tx* arrivent directement, comme on sait, de France à Kayes, pendant les mois d'août et de septembre.

Pendant les mois de juin, juillet, octobre et novembre, le ser-

vice des transports est fait sur le fleuve par des bateaux à vapeur fluviaux. La quantité de matériel que l'on peut transporter à Kayes en un an dépend donc du nombre de bateaux dont on dispose et peut être considérable; mais il faut aussi, à Kayes, effectuer le débarquement de ce matériel. Tous ceux qui ont eu l'occasion de voir cette opération ont été frappés des difficultés qu'elle offre avec les moyens improvisés dont on dispose actuellement.

Le chemin de fer qui est appelé à manipuler des pièces très lourdes et très volumineuses, comme locomotives, wagons, machines-outils, matériel de pont, aurait le plus grand intérêt à disposer de moyens puissants et commodes. Il faudrait construire, sur le terrain concédé au service du chemin de fer, près du fleuve, un quai en maçonnerie de 100 *m* de long et armé de plusieurs grues de fort tonnage.

Sans parler des pertes et des aléas que l'on éviterait ainsi, il est encore probable, qu'au point de vue financier, le chemin de fer y trouverait du bénéfice par la location de son quai et de ses moyens de débarquement aux autres services et au commerce.

Ce projet a été récemment établi par le service du chemin de fer; c'est une dépense de 500 000 *f*.

§ 7. — **Fonds.**

Les projets Marmier et Joffre concluent : le premier à une dépense de 16 500 000 *f* pour la ligne Bafoulabé-Kita; le second à une dépense de 14 600 000 *f* pour la ligne Kita-Bammako-Toulimandio; ce qui donne des prix de revient kilométriques respectivement de 75 000 à 74 000 *f* (en admettant l'emploi de traverses métalliques).

Ces évaluations sont larges, mais elles n'ont rien d'exagéré, surtout si l'on songe qu'elles ont été faites dans l'hypothèse où le chemin de fer serait construit par une Compagnie concessionnaire et en quatre ans.

L'expérience acquise au Soudan, dans les travaux de voie neuve ou de réfection exécutés par la direction actuelle, a démontré que certains prix unitaires pouvaient être abaissés; en outre, il y a à défalquer le prix du pont de Mahina qui se trouve compris dans le chiffre global de la ligne Bafoulabé-Kita.

On peut ainsi diminuer de 10 000 à 15 000 *f* par kilomètre les évaluations Marmier et Joffre et ramener à une moyenne de

60 000 *f* le prix de revient kilométrique courant dans les conditions posées dans les avant-projets.

Il est bien entendu qu'on n'obtiendra ce résultat qu'à la condition de continuer à exécuter les travaux comme actuellement, ce prix très réduit ne laissant place à aucun bénéfice pour un entrepreneur. Cela nous donne au maximun pour le coût de la ligne :

Kalé-Kita	10 380 000 *f*
Kita-Toulimandio	13 680 000
Total.	24 060 000 *f*

ce qui, avec le prix actuel de l'argent, correspond à peine à une annuité de 1 million, y compris l'amortissement en 50 ans.

Or, le chemin de fer, en permettant la réduction du corps d'occupation et en abaissant les prix de transport, ferait réaliser à l'État une économie annuelle de 3 millions.

CONCLUSION

L'opinion publique ne connaît le Soudan que par le mal qu'elle en a entendu dire.

On a reproché à ce pays de n'être point fertile : tous ceux qui, comme moi, ont pu voir pendant l'hivernage son exhubérante végétation se manifestant de tous côtés par des cultures magnifiques, de superbes jardins, une brousse haute et drue, sont, j'en suis sûr, convaincus du contraire.

On a dit qu'il n'était point peuplé ; cela est vrai, mais peut-il en être autrement pour un pays que ravagèrent naguère les hordes d'El Hadj Omar, comme le font encore aujourd'hui celles de Samory !

Les habitants, dit-on, sont très paresseux, ils sont incapables du moindre effort ! — Qu'on en juge ! — On voit des porteurs, hommes et femmes, qui ont sur leur tête un fardeau pesant de 25 à 30 *kg* qu'ils vont porter à 25 ou 30 *km*.

Qu'on me trouve, à Paris, des portefaix qui en fassent autant ! surtout si vous leur offrez, comme à ceux-ci, dix sous par jour pour toute rémunération.

Le noir est donc travailleur, mais à sa façon; c'est à nous à diriger son activité pour en tirer le meilleur rendement possible.

Encore un défaut relevé contre le noir : il est, dit-on, rebelle à toute idée de commerce, se contente des ressources dont il dispose et ne cherche pas par voie de troc à améliorer son existence. C'est une erreur! Le noir est commerçant, très commerçant même; il existe, chez lui comme chez nous, des marchés où s'opèrent les échanges, tels que, par exemple, le marché du N'Diago.

J'espère vous avoir convaincu qu'il y a au Soudan de grandes forces latentes; il faut les développer et l'outil qui convient c'est le chemin de fer.

On vous a parlé des différents projets de voie ferrée qui ont été mis en avant soit par la Dubreka, soit par la Bandama ou la Komoé. Toutes ces lignes traversent, certes, des pays riches et fertiles, plus riches et plus fertiles peut-être que la ligne du Sénégal au Niger, mais aucune d'elles n'a devant elle l'immense débouché de cette dernière, ce lac merveilleux de 1 700 *km* si bien défini par le commandant Hourst.

Toutes ces lignes se feront, j'en ai la certitude; j'en ai pour garant l'esprit d'allant et d'initiative du peuple français. Si vous voulez me permettre une comparaison, je vous dirais : ce sont là des filles qui ont de belles dots, mais le chemin de fer du Sénégal au Niger a non seulement une belle dot, mais de magnifiques espérances.

LA
FONTE DU BRONZE D'ART
D'UN SEUL JET

PAR

M. E. MAGLIN
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

On a dit, avec raison, que le bronze est le métal de l'histoire. Nous le voyons, en effet, apparaître dès les premiers temps de l'humanité et, depuis lors, suivre pas à pas la civilisation dans toutes les phases de son développement. A peine sorti de la période de l'âge de pierre, c'est sur le bronze que l'homme fait ses premiers essais dans la métallurgie, partout on le rencontre dans les fouilles qui dénotent les époques préhistoriques, et on a recueilli une foule d'objets en bronze fondu qui nous font connaître assez exactement les procédés en usage à ces époques lointaines.

L'Orient, berceau de notre civilisation, semble être aussi le lieu d'origine de l'industrie du bronze. Il ne faut pas s'en étonner, car entre les Orientaux et le bronze, il y a sympathie de caractère, si j'ose m'exprimer ainsi.

L'homme d'Orient, en effet, est souple, insinuant, doué d'un remarquable esprit d'assimilation, artiste au suprême degré, on peut lui demander les choses les plus diverses et il s'en acquittera sans embarras. N'est-ce point là aussi la caractéristique du bronze? de ce métal dont on fera des canons ou des cloches, des statues ou des ustensiles de ménage, que l'on déposera par le courant galvanique et qui permettra plus tard à l'homme de conduire et de guider ce moderne Protée que l'on nomme l'électricité?

Les Orientaux, donc, sont nos premiers maîtres dans l'art du bronze; ils le travaillaient, ils l'aimaient aussi, car chez les anciens Égyptiens le bronze était le métal préféré, tandis que le fer « l'os de Typhon », comme ils l'appelaient, était considéré chez eux comme impur et néfaste.

Et pourquoi le fer leur semblait il impur? leur semblait-il néfaste? C'est que ses qualités n'étaient pas celles de leur race

c'est qu'il fallait les hommes du Nord pour comprendre ce métal froid et rigide, robuste, mais sans art et sans souplesse. Ce n'est que dans les contrées septentrionales que pouvait naître et se développer sa métallurgie, si pénible et si compliquée quand on la compare à celle de l'airain. Non seulement les peuples de l'antiquité ont connu le bronze, mais ils ont excellé dans l'art de le travailler, et nous restons remplis d'admiration quand nous contemplons ceux de leurs chefs-d'œuvre que nous avons pu recuillir dans nos musées. Comme preuve de cette grande habileté dans le travail du bronze, je ne citerai que l'immense réservoir d'eau lustrale, en bronze, du temple de Salomon, connu sous le nom de mer d'airain, qui mesurait plus de 5 *m* de diamètre.

Les Grecs excellaient dans l'art de travailler l'airain ; nous connaissons les œuvres de Phidias et de Praxitèle, nous savons même que Lysippe avait seul le droit de reproduire en bronze l'image d'Alexandre le Grand. C'est certainement là le plus ancien des monopoles connus, du moins en matière d'art. Puis vient Rome, la capitale du monde, le flambeau de l'antiquité; là encore le bronze occupe la place d'honneur, et c'est à lui qu'est confié le soin de transmettre à la postérité l'image des grands hommes. La statue équestre de Marc-Aurèle, au Capitole, est un des plus beaux monuments de l'art romain.

C'est Rome encore qui, après les invasions barbares, après les ténèbres du moyen âge, donne le signal du réveil artistique, à cette merveilleuse époque de la Renaissance qui enfanta tant de chefs-d'œuvre. Citerai-je ces portes de bronze du baptistère de Florence qui, d'après Michel-Ange, étaient dignes d'être les portes du ciel ?

Citerai-je la *Judith*, de Donatello, la *Persée*, de Benvenuto Cellini, le *Mercure*, de Jean de Bologne ? Toutes ces œuvres sont classiques au même titre que les plus beaux chefs-d'œuvre de l'antiquité.

Enfin, de nos jours, nous pouvons nous prétendre, à juste titre, les rivaux ou tout au moins les émules des artistes du passé; le *David*, de Mercier ; le *Chanteur florentin*, de Dubois; le *Groupe*, de Carpeaux, qui couronne la fontaine de l'Observatoire; l'œuvre entière de Barye sont et resteront toujours hors de pair.

Pour terminer cet aperçu général, j'ajouterai simplement que, pendant que la civilisation européenne développait, en Occident, l'art de travailler le bronze, la Chine et le Japon, avec un idéal différent du nôtre, produisaient de leur côté des œuvres de haute

valeur auxquelles nous sommes les premiers à rendre justice et que nous admirons sans réserves.

Ainsi donc, pendant une longue suite de siècles, et chez des peuples si divers, le bronze a été le métal artistique par excellence; on a tout fait avec le bronze, depuis la boucle d'oreille, qui pèse quelques grammes, et la statuette minuscule, jusqu'à la grosse cloche du Kremlin, qui pèse plus de 200 *t*, et à la statue colossale du temple bouddhique de Nara qui dépasse 450 000 *kg*.

De quelles ressources, de quels procédés disposaient donc les hommes qui ont entrepris de telles œuvres? Quels perfectionnements ont donc été apportés et quelle est la part contributive de chaque civilisation dans cette œuvre générale?

La réponse est facile et courte : vers la fin du VIIe siècle avant notre ère fut découvert l'art de fondre les statues d'un seul jet, et c'est là le seul perfectionnement de quelque importance. Les moyens dont nous disposons actuellement sont exactement ceux qu'employaient nos ancêtres, les habitants des cités lacustres.

La fabrication du bronze, en effet, se compose de deux parties : le moulage et la fonte.

Un mot sur cette dernière opération pour ne plus y revenir. A l'origine elle se faisait au moyen de fours à cuve analogues à nos cubilots, puis dans des creusets, mais l'invention de ces creusets même se perd dans la nuit des temps. Le four à réverbère est venu ensuite, mais s'il est commode pour les très grosses pièces, il est coûteux d'installation et aussi au point de vue du combustible consommé.

Reste le moulage ; c'est la partie la plus délicate, dont dépend principalement la réussite et la bonne exécution des pièces : nous en connaissons trois sortes :

1° Le moulage en terre qui ne s'emploie que pour les grosses pièces, de formes régulières, pouvant être moulées au trousseau ; nous n'insisterons donc pas sur ce procédé ;

2° Le moulage en sable d'étuve est le procédé le plus usuel.

3° Le moulage à cire perdue, de beaucoup le plus parfait, a été à peu près abandonné de nos jours comme étant trop différent des procédés en usage dans l'industrie moderne.

Or, ces trois procédés, les seuls que nous connaissions, étaient déjà en usage aux temps préhistoriques, les objets et outils trouvés dans les fouilles ont permis de s'en convaincre. Si le moulage en sable est commode pour les pièces simples, il devient, lorsqu'il s'agit de formes complexes, telles que celles des bronzes

d'art, extrêmement désavantageux. En effet, il ne suffit pas d'introduire dans le moule l'objet à reproduire et de battre du sable autour ; il faut pouvoir le retirer sans détériorer l'empreinte obtenue. Or, dans une statue, les draperies flottantes, les chevelures, les bras et les jambes forment autant de coins enfoncés dans le sable et qui s'opposent au démoulage. On est donc réduit, dans la plupart des cas, à sectionner l'objet d'art, à mouler séparément ses différents morceaux et à les réunir ensuite. Cette besogne incombe aux ébarbeurs, ciseleurs et monteurs en bronze. Mais l'intervention de ces différents corps de métiers n'est pas sans nuire considérablement à la valeur artistique de l'ouvrage; l'action du rifloir à l'endroit des coutures fait disparaître par parties cet épiderme délicat qui est au bronze d'art ce que le duvet est à la pêche ; il en résulte des différences de coloration qu'on fait disparaître à l'aide d'un bronzage épais et foncé, aux reflets crus, qui modifie complètement la valeur des demi-teintes réservées par l'artiste. De plus le ciseleur, souvent trop zélé, accentue avec son burin certaines parties que le statuaire avait intentionnellement laissées un peu vagues, dans le but de concentrer l'attention sur les parties principales de son ouvrage.

C'est pour cela que, malgré son prix élevé, la cire perdue est infiniment préférable, car elle permet d'obtenir la fonte d'un seul jet, sans coutures et, par conséquent, supprime presque complètement l'intervention généralement nuisible du ciseleur.

A l'époque de la Renaissance, comme dans l'antiquité, l'artiste ne considérait pas comme au-dessous de lui, d'effectuer par lui-même la partie matérielle de son œuvre ; voici comment, à cette époque, on exécutait un bronze à cire perdue :

La silhouette générale était donnée au moyen d'un noyau en terre, garni de solides armatures ; ce noyau était recouvert d'une couche de cire assez épaisse dans laquelle l'artiste venait modeler les détails de son œuvre, de telle sorte qu'une fois l'ouvrage terminé, le noyau intérieur étant complètement caché, on avait sous les yeux une statue de cire qui était la représentation exacte du bronze qu'on se proposait de faire. Cette cire était enduite de nombreuses couches de barbottine, d'abord très diluée, puis s'épaississant de plus en plus de façon à enfermer la cire dans une sorte de gangue à la fois fine de grain et résistante grâce à son épaisseur.

Cela fait, une chaleur modérée suffisait pour faire fondre la cire qui, en s'écoulant, laissait vide l'espace que devait ensuite oc-

cuper le bronze. En faisant arriver celui-ci par coulée remontante, il se substituait à la cire et, après le démoulage, on avait en bronze une reproduction fidèle de l'œuvre que l'artiste avait modelée dans la cire. Malheureusement, il arrivait trop souvent que, pour des causes diverses, notamment en raison de l'humidité du noyau, le bronze ne remplissait pas complètement l'espace qui lui était réservé, « il refusait » en certains points, suivant le terme du métier; et la statue était sinon perdue, du moins fort endommagée. Alors, tout était à recommencer, et même en mettant les choses au mieux, en admettant la réussite complète, on ne pouvait avoir qu'un exemplaire unique de l'œuvre, sans possibilité d'en obtenir une reproduction absolument identique.

Les besoins de l'industrie moderne ne pouvaient s'accommoder de ces procédés longs et coûteux; il fallait à tout prix substituer l'ouvrier à l'artiste pour faire plus vite et moins cher, quitte à faire moins bien. Aussi eût-on l'idée d'employer des moules en gélatine pour la production de petites plaquettes de cire qui, appliquées ensuite sur le noyau de terre et raccordées entre elles devaient donner, à un grand nombre d'exemplaires, l'image en cire qu'on voulait couler ensuite en bronze.

Le nom des Molhérat, des Gonon, est attaché à cette découverte, fort intéressante, sans doute, mais insuffisante, néanmoins, pour donner des résultats absolument satisfaisants. Il était donné à un statuaire francais, M. Le Bourg, qui est en même temps un céramiste de haute valeur, de créer, dans le même ordre d'idées, un procédé absolument parfait, tant au póint de vue des résultats obtenus que de l'économie de main-d'œuvre.

Voici en deux mots en quoi consiste ce procédé: la gélatine, dure et sèche quand elle est au contact de l'air, s'amollit et se boursouffle quand elle est plongée dans l'eau. En séchant, elle se contracte à nouveau en perdant l'élasticité qu'elle avait acquise. Mais si, au lieu d'eau, on emploie de la glycérine et du glucose, on obtient une élasticité durable. Elle n'est certes pas indéfinie, mais se conserve néanmoins pendant un temps très long. Grâce à cette gélatine molle, M. Le Bourg, au lieu de mouler des éléments de statue, moule celle-ci dans son entier, il l'entoure pour ainsi dire d'une sorte de gant en gélatine, en deux pièces, qui se détache avec une extrême facilité et donne des moulages d'une finesse vraiment extraordinaire.

Par suite, il obtient une cire *d'un seul jet*, au lieu d'un assemblage d'éléments; la couture longitudinale qui a pu se produire

aux joints du moule est très facile à faire disparaître, puisque c'est sur de la cire molle que se fait la réparure. Cela fait, par les procédés ordinaires de la cire perdue, on recouvre de barbotine la statue à reproduire, on fond la cire et on coule après avoir réservé les évents et les jets de coulée.

Comme on le voit, le procédé Le Bourg ne diffère de l'ancienne cire perdue que dans le moyen employé pour obtenir l'épreuve en cire. Voici comment on procède pour établir cette épreuve: étant donnée une statue dont on veut avoir, en bronze, un assez grand nombre de reproductions, on commence par en prendre deux moulages en plâtre et c'est sur ces moulages qu'on opérera, laissant ainsi l'original absolument intact.

L'un des deux moulages est gratté superficiellement sur une épaisseur convenable, de façon à constituer un noyau analogue à celui que l'artiste établit en premier lieu pour modeler à cire perdue. Il y a néanmoins une notable différence en ce sens que, dans le premier cas, le noyau étant constitué avant que le statuaire n'ait matériellement déterminé toutes les parties de son œuvre, la surcharge de cire dont il recouvre ce noyau a des épaisseurs très variables et souvent assez fortes dans certaines parties. Il en résulte que le bronze, qui se substituera à la cire, aura lui-même des épaisseurs souvent exagérées par places, ce qui alourdit l'ouvrage et présente, en outre, des inconvénients au point de vue du retrait.

Dans le second cas, au contraire, comme on opère par grattage, on est absolument maître de régulariser l'épaisseur du métal et de ne l'augmenter qu'aux endroits où il est rationnel de le faire. Par suite, la statue est plus légère, ce qui augmente sa valeur artistique.

Une fois ce noyau en plâtre obtenu, on s'en sert pour obtenir une « boite à noyau » en plâtre également, parfaitement consolidée. Cette boîte sera employée absolument comme celles en usage dans le moulage en sable, c'est-à-dire qu'après y avoir introduit les armatures et les lanternes nécessaires, on y foulera la terre qui, une fois retirée, servira de noyau pour les épreuves en bronze. Ces noyaux seront ensuite séchés à l'étuve, ce qui est très important pour obvier aux « refus de bronze » difficiles à éviter avec un noyau insuffisamment sec.

Il y a, en outre, un défaut important à éviter : quand les terres employées sont trop sèches, il se produit des craquelures par lesquelles le bronze s'introduira au moment de la coulée, consti-

tuant ainsi des « toiles » intérieures qui, après le démoulage, empêcheront de retirer le sable et quelquefois même les armatures. Grâce à une étude approfondie de la céramique, M. Le Bourg est parvenu à obtenir pour ses noyaux des terres qui, tout en conservant leur porosité et la solidité indispensables, peuvent subir une dessiccation complète sans se fendre ou se craqueler. La boîte à noyau, en plâtre, peut servir un grand nombre de fois, si elle est consolidée convenablement; d'ailleurs, la forme à noyaux étant conservée, rien n'empêche de faire, en cas de besoin, de nouvelles boîtes quand la première est usée.

Nous avons dit qu'on avait fait tout d'abord deux moulages en plâtre; le premier nous a servi à faire les noyaux, le second va nous servir à faire le moule. A cet effet, on commence par enduire le moulage d'une épaisse couche de terre qui l'enveloppe entièrement, le recouvre d'une sorte de gangue à contours absolument simples, comme ceux que pourrait avoir une pierre épannelée. Cela fait, on crée une chape en plâtre en deux pièces, enveloppant cet ensemble comme une boîte à noyau et solidement armée. Puis, retirant un des côtés de cette chape, on enlève délicatement la terre qui enveloppait toute la partie du moulage qui fait saillie. La moitié de la statue est donc ainsi mise à nu et on se rendra compte facilement que si, à ce moment, on remet en place la demi-chape, il restera entre celle-ci et la partie mise à nu de la statue un vide correspondant à l'espace occupé par l'enveloppe de terre qu'on vient d'enlever. On remplit alors ce vide en y coulant de la gélatine molle qui, grâce à son extrême élasticité, pourra, le moment venu, être retirée sans abîmer le moulage.

Procédant pour la seconde demi-chape comme pour la première, on obtient une empreinte en gélatine de la deuxième moitié. Si, à ce moment, on retire le moulage en plâtre et qu'on referme la chape en deux pièces, intérieurement garnie de sa gélatine, on voit qu'il restera en creux, au milieu du moule, l'empreinte exacte et extrêmement fine de la statue à reproduire.

Prenons maintenant un des noyaux faits d'avance et convenablement séché, puis introduisons-le dans cette cavité qui se trouve au milieu du moule; il l'occupera presque entièrement, ne laissant vide qu'une mince couche extérieure, qui correspond précisément à l'épaisseur du plâtre enlevée par grattage au début de l'opération, autrement dit, à l'épaisseur du métal que doit avoir la reproduction en bronze qu'on se propose de faire. Si donc on

coule dans cet espace vide de la cire fondue, elle le remplira entièrement, occupant, comme dans la cire perdue ordinaire, la place réservée au métal.

Il n'y a plus qu'à retirer soigneusement les demi-chapes en plâtre puis les enveloppes de gélatine pour mettre au jour une statue qui, sauf les procédés employés pour l'obtenir, sera identique à celle qu'un artiste aurait pu créer par l'ancienne méthode. Dans l'un et l'autre cas la statue est d'une seule pièce et sera, par suite, fondue d'un seul jet, évitant ainsi toute réparure ultérieure ; les quelques retouches qu'elle exigera seront celles nécessitées par l'enlèvement du métal qui remplit les évents et les jets de coulée. Mais cela est inévitable, quel que soit le procédé employé.

Nous avons dit que la gélatine molle ne conservait pas indéfiniment son élasticité ; il en résulte que le nombre d'exemplaires qu'on peut exécuter avec une même gélatine est assez restreint, de 6 ou 7 environ. Mais en se servant de la chape et du moulage, rien n'est plus aisé que de couler une nouvelle gélatine quand la première commence à se durcir. Cette opération pouvant être renouvelée une quinzaine de fois avec un même moulage, on voit qu'il est aisé, par ce procédé, d'obtenir une centaine d'épreuves en bronze « absolument identiques » et aussi délicates que celles obtenues par la cire perdue classique.

Il est à remarquer que, dans toutes les opérations que nous venons de décrire, aucune n'exige des connaissances spéciales ni d'habileté professionnelle ; il suffit d'avoir la main assez légère pour ne pas détériorer les moulages en cire au moment où on les dégage de leur enveloppe en gélatine.

Donc plus de mouleur, de ciseleur ni de monteur en bronze, comme dans le moulage en sable ; plus d'artiste comme dans l'ancienne cire perdue, et c'est précisément une des originalités du procédé de faire une statue en bronze sans l'intervention d'aucun des corps de métier actuellement indispensables ; il ne reste plus que le fondeur dont on ne peut se passer. Il est à remarquer également que la fabrication des noyaux en terre spéciale et moulés à l'avance puis séchés avec soin est un grand perfectionnement sur l'ancien procédé qui, à cause de l'humidité de ses noyaux, amenait fréquemment des « refus de bronze » et des « toiles ».

La cire elle-même employée jusqu'à ce jour était loin d'être parfaite, elle était fort sujette aux craquelures qui se reprodui-

saient alors sur l'épreuve en bronze et nécessitaient des retouches. M. Le Bourg est parvenu à éviter ce défaut et à obtenir une cire qui reste toujours absolument lisse sans aucune gerçure. Cette suppression des causes auxquelles étaient dus si fréquemment des échecs dans l'opération de la cire perdue ordinaire a permis d'élever sans danger la température de fusion du métal et de remplacer les laitons ou demi-rouges employés couramment par des bronzes de haute fusion et de titre élevé. Ces bronzes sont susceptibles d'obtenir par voie sèche et par oxydation de magnifiques patines sans faire intervenir aucun enduit comme cela se fait pour le bronzage ordinaire.

L'inconvénient du procédé Le Bourg est que les chapes nécessaires à l'exécution d'une statue atteignent vite des proportions et des poids assez grands, quand les dimensions de l'objet à reproduire sont elles-mêmes trop considérables. Mais il est à remarquer qu'en pratique cet inconvénient disparaît parce que les bronzes les plus communément demandés et qui sont par suite ceux qu'il y a le plus d'intérêt à faire en série, sont, en général, de taille assez réduite pour que la manutention des chapes se fasse sans difficulté.

PRODUCTION

ET

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'OZONE

PAR

M. M. OTTO

L'ozone est connu depuis plus d'un demi-siècle. De nombreux savants : Frémy, Marignac, de la Rive, Andrews et Tait, Soret, ont attaché leur nom à son histoire qui, jusqu'à ces dernières années, appartient presque tout entière au domaine de la théorie. Longtemps on a ignoré jusqu'à sa constitution intime ; son architecture moléculaire était d'autant plus difficile à établir qu'on ne peut l'obtenir à l'état de pureté absolue. L'ozone est, en effet, toujours mélangé à un grand excès d'oxygène ou d'air, qui lui sert de véhicule.

Je suis arrivé néanmoins à établir, tout récemment, sa formule par la détermination directe de sa densité (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 124, p. 78). Une longue série d'expériences m'a montré que la densité de l'ozone était une fois et demie celle de l'oxygène :

$$1,1056 \times 1,5 = 1,6584.$$

L'étude comparée des vitesses de diffusion du chlore, de l'acide carbonique et de l'ozone, l'observation rigoureuse des phénomènes qui accompagnent la formation de l'ozone et sa destruction sous l'influence des agents physiques ou chimiques, avaient précédemment conduit à admettre pour ce gaz la formule :

$$O^3 \text{ (2 vol.)},$$

celle de l'oxygène étant :

$$O^2 \text{ (2 vol.)}.$$

Les mesures de la densité de l'ozone que j'ai faites vérifient bien cette formule.

L'ozone est donc de l'oxygène condensé. La facilité avec laquelle sa molécule se décompose, pour se transformer en atomes

d'oxygène naissant, en fait un agent d'oxydation des plus précieux; aussi cherche-t-on, depuis de nombreuses années, à l'obtenir industriellement.

Préparation.

Vous connaissez tous, messieurs, le tube à ozone de M. Berthelot et les autres petits appareils de laboratoire : ozoneur de Houzeau, etc. Je n'insisterai pas sur ceux-là. Obtenir des milligrammes d'ozone était chose aisée ; mais il n'était pas facile d'en avoir des kilogrammes. Et c'est en étudiant la solution du problème de la préparation industrielle de l'ozone que les Ingénieurs ont pu voir, une fois de plus, quelle distance considérable sépare souvent les laboratoires de l'industrie.

Au moment où j'ai commencé mes premières expériences, les deux appareils les plus connus pour la préparation de l'ozone étaient ceux de MM. Siemens et Halske, de Berlin, et de M. Andréoli, de Londres.

Ozoneur Siemens et Halske

Il se compose de deux tubes concentriques, séparés par du verre ou du mica, entre lesquels jaillit l'effluve et circule le courant d'air ou d'oxygène à ozoner. Ce qui le caractérise, c'est que les deux électrodes de nom contraire, qui reçoivent le courant électrique, sont toutes deux fixées sur le tube extérieur. Le tube intérieur est utilisé comme conducteur intermédiaire et surtout comme réfrigérant. L'ozoneur s'échauffe, en effet, beaucoup pendant la marche, par suite du débit qu'on lui impose, et l'on est obligé de le refroidir constamment à l'aide d'un courant d'eau glacée.

Le rendement de l'ozoneur Siemens et Halske est d'environ 20 *g* par cheval-heure, soit 480 *g* par cheval et par jour.

Ozoneur Andréoli

A l'intérieur d'une caisse en bois, fermée par un couvercle vitré, sont disposées deux séries de boîtes étanches en tôle, de forme aplatie, munies, sur chacune de leurs faces latérales, de pointes métalliques : ce sont les éléments de l'ozoneur. Les éléments pairs et impairs sont respectivement unis entre eux par

deux tuyaux, qui jouent le double rôle de conducteurs électriques et d'adducteurs d'eau. Des lames de verre d'environ 2 *mm* d'épaisseur et de dimensions un peu supérieures à celles des éléments, sont glissées entre chacun d'eux. Sur les parois de la caisse sont ménagées deux ouvertures qui sont disposées de telle sorte que la masse d'air ou d'oxygène à ozoner pénétrant dans l'appareil, traverse, avant de sortir, l'intervalle compris entre les éléments.

Ces derniers étant préalablement remplis d'eau glacée, on les met en relation avec les deux pôles d'un transformateur fournissant aux bornes du circuit secondaire une différence de potentiel d'environ 10 000 volts. Les pointes s'illuminent vivement et des décharges très nourries viennent s'épanouir sur les parois des lames de verre qui les séparent; il arrive même souvent que le verre est traversé.

Dès les premiers instants, la production d'ozone est assez forte; mais elle baisse très rapidement par suite de l'échauffement de l'appareil.

Voici la moyenne des résultats d'une série d'expériences faites avec M. Andréoli, au moyen d'un de ses ozoneurs à 12 éléments de 30 *cm* × 30 *cm* actionné par un transformateur Swinburne pouvant fournir jusqu'à 12 000 volts :

Puissance absorbée par le transformateur et l'ozoneur	717,75 watts.
Puissance utilisée par l'ozoneur	574 —
Température initiale de l'eau contenue dans les éléments.	+ 3°
Température finale de cette eau	+ 31°
Volume	25 *l*
Calories absorbées par l'eau seule par suite de l'échauffement de l'appareil	700 cal.
Durée de l'expérience.	1 h. 49 m.
Quantité d'énergie électrique utilisée uniquement pour chauffer l'eau des éléments	78,14 0/0
Production totale d'ozone	33,450 *g*
Production d'ozone par cheval-heure.	18,910 *g*
Production par cheval-jour	453,840 *g*

Les dosages d'ozone ont été faits au moyen du sulfite de sodium.

La seule inspection de ces chiffres indique nettement le défaut

capital de l'ozoneur de M. Andréoli; cet appareil s'échauffe énormément et la majeure partie de l'énergie électrique est utilisée pour produire de la chaleur et non de l'ozone. Encore pour le calcul du rapport de la quantité d'énergie utilisée par l'ozoneur, à la quantité d'énergie transformée en chaleur, n'ai-je tenu compte que du poids de l'eau contenue dans les éléments formant une sorte de calorimètre. Pour être exact, il aurait fallu que je fisse intervenir les variations de température subies par l'ensemble de l'appareil; je serais ainsi arrivé à un pourcentage beaucoup plus élevé pour la quantité d'énergie inefficacement utilisée.

C'est très probablement aux mêmes causes que l'on doit attribuer les mauvais rendements fournis par l'ozoneur Siemens et Halske. Ce qui paraît le démontrer, c'est qu'on est obligé de le refroidir constamment en pleine marche.

Ozoneurs résonnateurs.

Rendement théorique. — Dans la construction des appareils à ozone, ce que l'on doit rechercher, avant toute chose, c'est éviter leur échauffement.

Supposons qu'on y soit parvenu d'une manière absolue et calculons quel devrait être le rendement en ozone, si l'énergie électrique absorbée par les appareils était entièrement utilisée pour la polymérisation de l'oxygène. L'étude de la formation thermique de l'ozone nous fournit des éléments suffisants pour la solution du problème.

M. Berthelot (*Annales de Physique et de Chimie*, 5e série, tome 10, page 162) a trouvé que la quantité de chaleur dégagée lors de l'oxydation de l'acide arsénieux par l'ozone était égale à :

$$+ 34,4 \text{ calories.}$$

La chaleur dégagée dans l'oxydation de l'acide arsénieux par l'oxygène libre a été trouvée par M. Favre égale à + 19,61 calories; par M. Thomson, égale à 19,59 calories, soit en moyenne :

$$+ 19,6 \text{ calories.}$$

Si nous retranchons ce nombre de celui trouvé par M. Berthelot nous obtiendrons la quantité de chaleur dégagée dans la transformation de l'ozone en oxygène :

$$34,4 - 19,6 \text{ calories} = 14,8 \text{ calories.}$$

La quantité de chaleur nécessaire pour la formation d'une molécule d'ozone, soit 24 *g*, sera donc inversement de 14,8 calories, ce qui équivaut à 12 580 *kg*.

Le cheval-heure correspondant à 270 000 *kg* pourra donc produire théoriquement 1 030 *g* d'ozone, ce qui fournit un rendement quotidien de 24 720 *g*.

Si nous rapprochons de ces chiffres les rendements obtenus à l'aide des ozoneurs Siemens-Halske et Andréoli, nous constatons qu'ils sont inférieurs à 2 0/0 du rendement théorique.

Études sur les diélectriques.

L'échauffement constaté dans ces appareils provient à mon avis :

1° Du débit exagéré qu'on leur impose, par suite de l'emploi de courants à potentiels trop élevés ;

2° Du mauvais choix des diélectriques employés dans leur construction.

Pour réduire à son minimum le dégagement de chaleur qui non seulement est la cause première des rendements déplorables que l'on observe, mais encore provoque souvent la mise hors de service des ozoneurs, j'ai exécuté avec des potentiels variant de 4 000 volts à 20 000 volts et des diélectriques d'épaisseurs diverses placés à des distances variables, une série d'expériences qui m'ont permis de déterminer :

1° Étant donné un ozoneur quelconque la relation qui doit exister entre l'épaisseur des diélectriques et la distance des électrodes pour que l'appareil fonctionne normalement à un potentiel déterminé ;

2° Étant donné ce potentiel de connaître, *a priori*, avec des diélectriques d'épaisseurs variables, qu'elle est la distance qui doit séparer les électrodes pour que l'intensité de la décharge soit proportionnée aux conditions générales de construction de l'ozoneur.

J'ai employé, pour exécuter mes expériences les deux dispositifs suivants (*fig. 1*) :

Le premier, A, consiste dans l'emploi de deux lames de diélectriques pour séparer les électrodes *n* et *p*. Dans le second, B, les électrodes sont séparées par une seule lame de diélectrique.

d est la distance que parcourt la décharge lorsqu'on porte les électrodes à des potentiels suffisamment élevés.

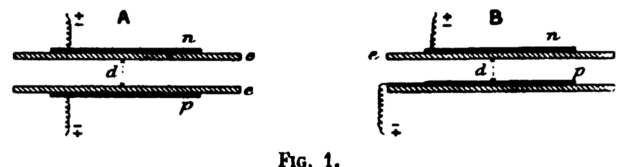


Fig. 1.

La décharge électrique peut se manifester de deux manières bien distinctes :

1° *Sous forme d'effluve.* — C'est en général ainsi qu'elle apparaît, L'espace compris entre les diélectriques s'illumine d'une lueur violacée et l'on entend un léger bourdonnement.

2° *Sous forme de pluie de feu.* — Si l'on augmente le potentiel, le bourdonnement grandit; de petites aigrettes, qui font entendre un bruissement particulier, se promènent avec une vive lueur bleue entre les diélectriques; puis leur nombre se multiplie, elles crépitent avec force et l'on arrive à la pluie de feu.

Mes expériences ont porté sur des lames de verre de trois épaisseurs différentes, choisies aussi régulières que possible :

0,0019 *m* 0,0032 *m* 0,0051 *m*.

J'ai successivement donné à *d* les valeurs suivantes :

0,0015 *m* 0,002 *m* 0,003 *m* 0,004 *m* 0,005 *m*

Je résume dans les deux tableaux qui suivent les résultats que j'ai obtenus. Deux séries de courbes (*fig. 2 et 3*), donnant la représentation graphique des phénomènes observés, complètent le tableau.

L'examen des résultats obtenus permet de tirer d'intéressantes déductions :

1° Le potentiel minimum qu'on peut employer pour la production de l'ozone, avec une distance de 0,0015 *m* entre les lames de diélectriques, si l'on emploie le dispositif A, — entre une électrode et la face opposée de l'unique lame de diélectrique si l'on emploie le dispositif B, est de 5 200 volts dans le premier cas et de 4 250 volts dans le second cas;

2° Les variations du potentiel pour l'apparition de l'effluve et pour l'apparition de la pluie de feu, avec des diélectriques d'épaisseur constante, ne sont pas proportionnelles aux distances.

3° Avec des diélectriques d'épaisseur constante le rapport du potentiel à la distance diminue au fur et à mesure que cette dernière augmente.

Les potentiels correspondant à l'apparition de l'effluve sont indiqués sur le graphique par des traits pleins; ceux correspondant à l'apparition de la pluie de feu sont indiqués par des traits pointillés.

Expériences sur les diélectriques.

DISPOSITIF A

DISTANCES d	ÉPAISSEURS c	APPARITION DE L'EFFLUVE VOLTS Observations	APPARITION DE L'EFFLUVE VOLTS Moyennes	APPARITION DE LA PLUIE DE FEU VOLTS Observations	APPARITION DE LA PLUIE DE FEU VOLTS Moyennes
0,0015	0,0019	5 150 5 050	5 100	7 050 7 050	7 050
	0,0032	6 200 6 200	6 200	9 750 9 750	9 750
	0,0051	8 075 7 925	8 000	11 850 11 750	11 800
0,002	0,0019	5 350 5 650	5 500	7 725 7 875	7 800
	0,0032	6 975 7 125	7 050	10 800 10 800	10 800
	0,0051	8 750 8 750	8 750	12 800 12 700	12 750
0,003	0,0019	6 100 6 300	6 200	9 000 9 000	9 000
	0,0032	8 500 8 300	8 400	12 100 12 100	12 100
	0,0051	9 950 9 850	9 900	14 600 14 700	14 500
0,004	0,0019	7 175 7 225	7 200	10 100 10 400	10 250
	0,0032	9 800 9 600	9 700	13 375 13 525	13 450
	0,0051	11 200 11 200	11 200	16 075 15 925	16 000
0,005	0,0019	8 750 8 650	8 700	12 700 12 500	12 600
	0,0032	11 325 11 475	11 400	15 500 15 500	15 500
	0,0051	13 500 13 500	13 500	18 200 18 200	18 200

Les points d'expériences sont indiqués par de petits cercles.

Dispositif A

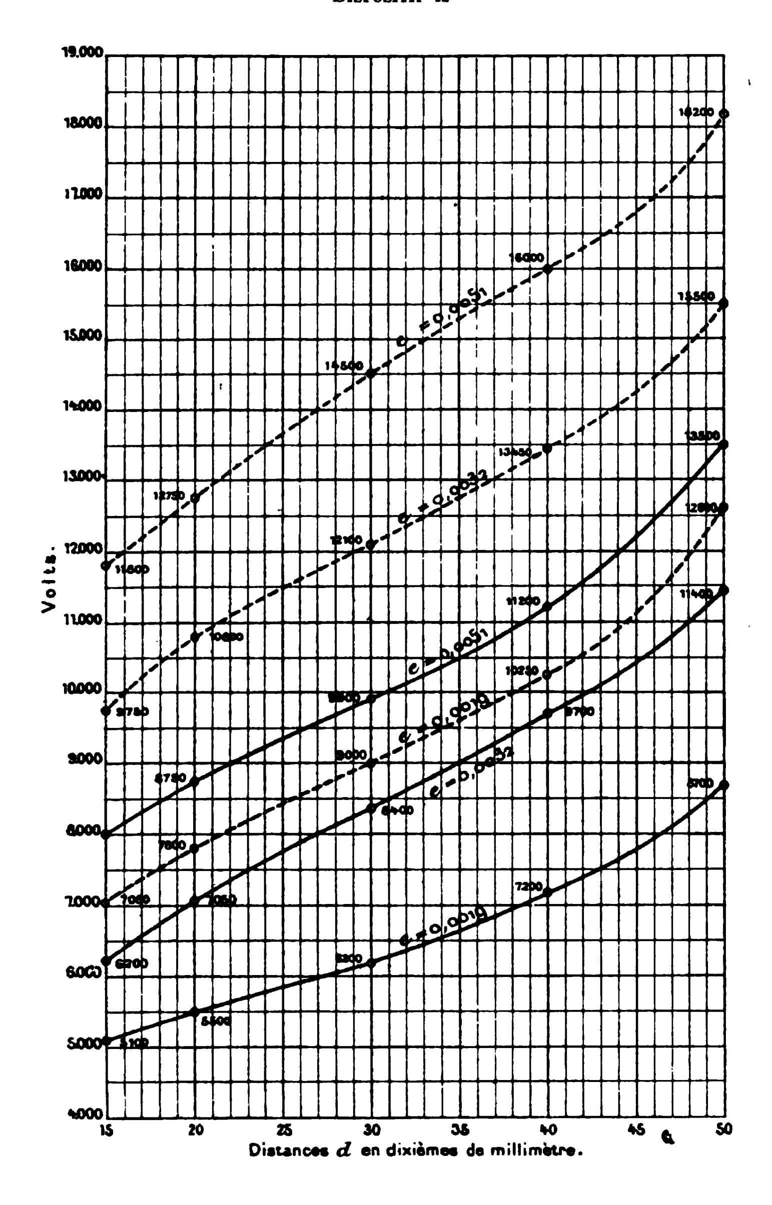


Fig. 2. — Représentation graphique des résultats obtenus.

Matériel d'expérience. — Le matériel que j'ai employé pour exécuter ces expériences et toutes celles dont le résultat figure dans mon travail, mérite une mention particulière car il se prête aux exigences les plus variées et peut rendre de grands services dans un laboratoire.

Expériences sur les diélectriques.

Dispositif B

DISTANCES d	ÉPAISSEURS e	APPARITION DE L'EFFLUVE VOLTS		APPARITION DE LA PLUIE DE FEU VOLTS	
		Observations	Moyennes	Observations	Moyennes
0,0015	0,0019	4 250 4 250	4 250	5 925 5 875	5 900
	0,0032	4 950 4 850	4 900	7 075 6 925	7 000
	0,0051	5 600 5 600	5 600	8 300 8 300	8 300
0,002	0,0019	4 750 4 750	4 750	6 925 6 775	6 850
	0,0032	5 550 5 450	5 500	7 900 7 900	7 900
	0,0051	6 400 6 400	6 400	9 250 9 250	9 250
0,003	0,0019	5 800 5 600	5 700	8 450 8 450	8 450
	0,0032	6 550 6 550	6 550	9 500 9 500	9 500
	0,0051	7 750 8 050	7 900	10 700 10 700	10 700
0,004	0,0019	6 750 6 450	6 600	9 975 9 825	9 900
	0,0032	7 625 7 775	7 700	11 000 11 000	11 000
	0,0051	9 150 9 050	9 100	12 250 12 250	12 250
0,005	0,0019	7 875 7 925	7 900	11 800 11 600	11 700
	0,0032	9 350 9 350	9 350	12 900 12 900	12 900
	0,0051	10 650 10 350	10 500	14 300 14 300	14 300

Il se compose :

1° D'une machine à vapeur de 6 *ch* avec régulateur automatique de détente pouvant marcher de 10 tours à 250 tours par



Dispositif B

Fig. 3. — Représentation graphique des résultats obtenus.

minute. La vitesse de cette machine, une fois réglée, ne varie pas sensiblement avec la charge.

2° D'une machine dynamo-électrique de 3000 watts d'un mo-

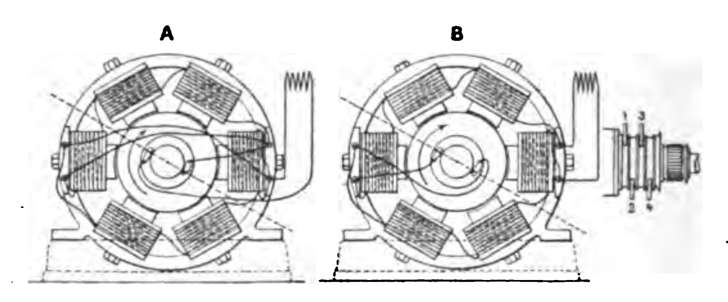


Fig. 4. — Alternateurs.

dèle spécial, que M. Labour, l'éminent ingénieur-électricien, a construit sur ma demande.

Cette machine se compose d'un bâti circulaire en fonte sur lequel sont fixés 6 électro-aimants qu'on peut à volonté grouper par trois en tension ou en série *(fig. 4)*.

L'induit, genre Rechniewsky, est divisé en 36 groupes de bobines. A chaque bobine correspond une lame du collecteur à

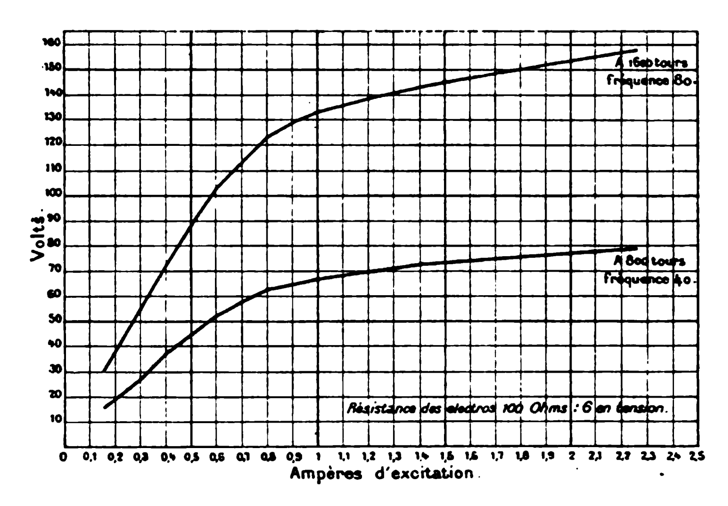
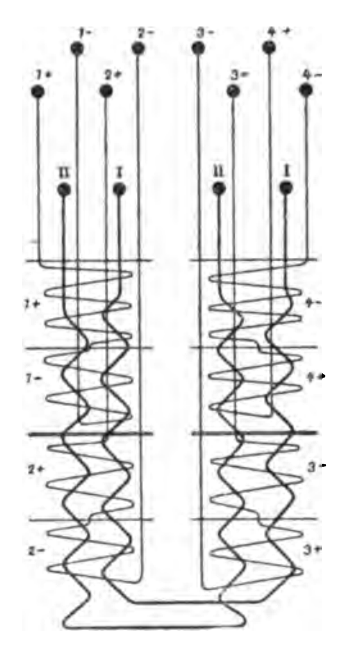


Fig. 5. — Caractéristique.

courant continu qui est fixé sur l'axe de l'induit. Sur quatre points de ce dernier, diamétralement opposés deux à deux, sont établies des prises de courant; les conducteurs fixés sur ces points abou-

tissent à deux paires de bagues 1 et 2, 3 et 4 montées sur le même axe que le collecteur du courant continu.


Fig. 6. — Schéma transformateur.

La machine est auto-excitatrice. Elle peut fournir à volonté du courant continu et du courant alternatif monophasé et diphasé.

Le tableau des caractéristiques indique entre quelles grandes limites on peut faire varier la force électro-motrice du courant et le nombre de périodes *(fig. 5)*.

3° D'un transformateur de 3000 watts qui peut fonctionner avec des courants alternatifs de périodicité variant de 40 à 100 et qui peut donner de 1 000 à 20 000 volts.

Ce transformateur *(fig. 6)* se compose de quatre paires de bobines inductrices et induites. Les bobines primaires peuvent se grouper par deux en tension ou en quantité ; le bobines secondaires peuvent séparément être réunies en tension ou en quantité. L'ensemble des bobines est solidement maintenu dans une armature en fonte et isolé dans de la paraffine.

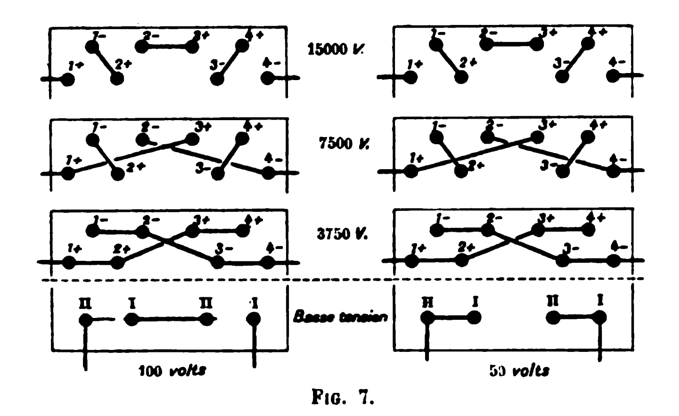


Fig. 7.

J'indique *(fig. 7)* le schéma des principaux couplages que l'on peut réaliser ; on voit à quelle infinie variété de dispositions peut se prêter l'arrangement des bobines.

Ozoneurs.

L'étude que j'ai faite sur les diélectriques, l'examen de la manière dont ils se comportent aux différents voltages m'ont fourni des éléments précieux qui m'ont permis d'établir plusieurs modèles d'ozoneurs dans lesquels je suis arrivé à éviter, d'une façon presque absolue, l'échauffement si préjudiciable que l'on constate dans les anciens appareils.

Je ne décrirai que deux de ces modèles :

1° L'ozoneur à distribution latérale ;

2° L'ozoneur à distribution centrale.

Les deux modèles se composent d'un nombre quelconque d'éléments, formés chacun par une électrode conductrice simplement appliquée sur une lame de verre, ou maintenue entre deux lames.

Dans l'ozoneur à distribution latérale les éléments sont percés à une de leurs extrémités d'un orifice pour permettre la circulation du gaz à ozoner. Les orifices des éléments pairs sont d'un même côté ; les orifices des éléments impairs sont du côté opposé.

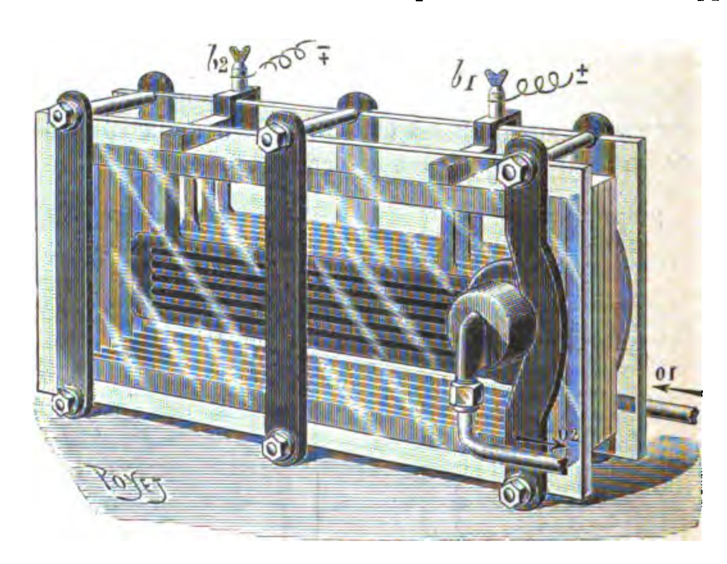


Fig. 8.

L'équidistance entre les éléments est obtenue au moyen de cadres isolants qui assurent l'étanchéité de l'appareil.

Les électrodes des éléments pairs sont réunies ensemble ainsi

que celles des éléments impairs; elles communiquent respectivement avec deux bornes b_1, b_2 fixées sur deux fortes glaces munies de tubulures qui, serrées au moyen de boulons et de traverses en bois, maintiennent l'ensemble du système.

Je représente *(fig. 8)* un ozoneur à distribution latérale à sept éléments.

La coupe *(fig. 9)* indique la marche du courant gazeux à l'intérieur de l'appareil.



Fig. 9.

Il arrive par l'orifice O_1, suit le chemin indiqué par les flèches en étant sur tout son parcours soumis à l'action de la décharge électrique et sort par l'orifice O_2.

Dans l'ozoneur à distribution centrale, les éléments impairs sont percés en leur centre d'un ou plusieurs orifices; les angles des éléments pairs sont abattus. Comme dans l'appareil précédent, l'équidistance entre les éléments et l'étanchéité sont obtenues à l'aide de cadres isolants.

Pour les appareils de grandes dimensions, il est bon de poser, de distance en distance, entre les éléments, des taquets de l'épaisseur des cadres.

Le gaz à ozoner pénétrant dans l'appareil par l'orifice central du premier élément, s'épanouit entre les éléments 1 et 2, arrive entre les éléments 2 et 3 par les angles abattus de l'élément 2, pénètre par l'orifice central de l'élément 3, dans l'espace compris entre les éléments 3 et 4 et continue ainsi jusqu'à ce qu'il arrive à l'orifice de sortie.

Le nombre des éléments peut évidemment être réduit à deux ou trois. Les coupes ci-dessus *(fig. 10)* représentent quatre modèles d'ozoneurs à distribution centrale, réduits à leur plus simple expression.

Le modèle I est composé de deux armatures mobiles en fonte A_1, A_2 munies de deux tubulures J, K pour l'entrée et la sortie des gaz à ozoner.

L'armature inférieure A_2 porte une rainure en U formant joint

hydraulique et que l'on peut remplir de mercure. L'armature A_1 est munie d'une saillie qui plonge dans le mercure. Pour préserver les armatures A_1 et A_2 de l'action corrosive de l'ozone on dépose en M_1 M_2 une mince couche de platine, d'aluminium ou d'étain. Les deux armatures sont réunies au moyen d'une borne *b*, à l'un des pôles d'un transformateur à haute tension.

Dans la paroi de l'armature A_2, passe, à travers un bloc isolant *i* munie d'une borne b_2, le conducteur qui relie le second pôle du

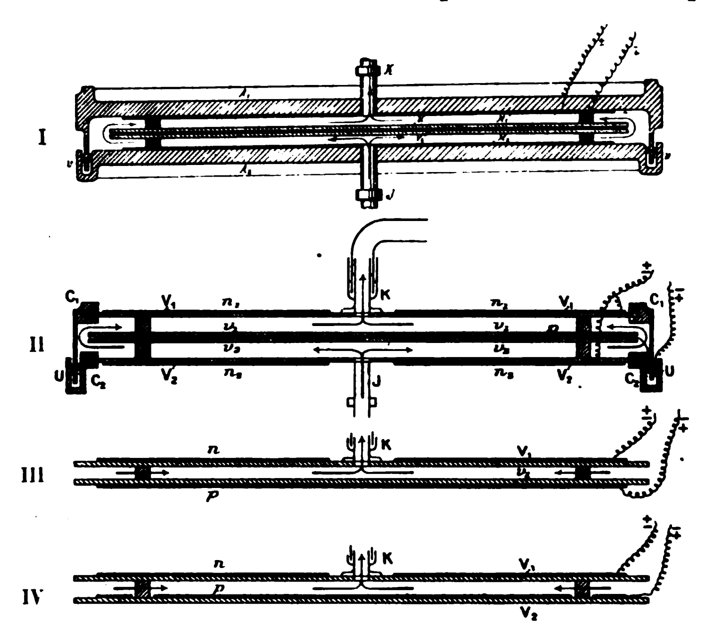


FIG. 10. — Coupe d'ozoneurs à distribution centrale.

transformateur à une feuille d'étain *p* placée entre les deux lames de verre V_1, V_2. Les dimensions de ces lames de verre sont moindres que celles des armatures.

Des taquets en verre ou en carton paraffiné maintiennent l'équidistance entre les lames de verre et les armatures en fonte.

Ce modèle d'ozoneur peut se faire de toutes dimensions, depuis 0,50 *m* × 0,50 *m*, jusqu'à 1 *m* × 1 *m*. Il est prudent, à cause de la fragilité du verre, de ne pas aller au-delà à moins de sectionner les feuilles ; mais on complique alors l'ozoneur et on lui enlève un de ses principaux mérites : la simplicité.

Le modèle II, qui n'est qu'une modification du modèle I, faite surtout pour les laboratoires, se compose essentiellement de deux cadres en bois C_1, C_2, maintenant chacun une glace V_1, V_2 ; sur

les faces externes de ces glaces sont collées des feuilles d'étain n_1, n_2 qui sont électriquement réunies ensemble. Le cadre C_2 porte, sur tout son pourtour, une rainure U que l'on peut remplir de mercure et qui, avec la saillie métallique fixée sur le cadre C_1, permet d'obtenir une fermeture parfaite et instantanée de l'appareil.

Deux glaces v_1, v_2, de dimensions moindres que les glaces extérieures, et entre lesquelles on a placé une feuille d'étain *p*, sont maintenues par des taquets à l'intérieur de l'appareil. Le courant est amené à l'électrode *p* par l'intermédiaire du mercure formant le joint.

Les glaces V_1, V_2 sont percées chacune, en leur centre, d'un orifice pour l'arrivée et la sortie du gaz, qui suit, à l'intérieur de l'appareil, le chemin indiqué par les flèches. L'orifice central de la glace V est muni d'un joint à mercure K dont l'emploi est très commode. Ce joint est simplement constitué par deux tubes concentriques en verre ou en métal, dans l'espace annulaire desquels on verse du mercure; un troisième tube, dont le diamètre est compris entre ceux des précédents, plonge dans le mercure.

Les modèles III et IV sont constitués par une lame de verre V, percée d'un orifice central et munie d'un joint à mercure K. Sur cette lame est fixée une feuille métallique formant électrode (*n*).

Dans le modèle III, une seconde lame de verre V_2 sépare l'électrode inférieure *p* de la première *n*.

Dans le modèle IV, l'électrode *p* est simplement appliquée sur un isolant quelconque formant support, et une seule épaisseur de diélectrique la sépare de l'électrode *n*. Des taquets isolants maintiennent le parallélisme des éléments.

Ces deux derniers appareils fonctionnent sur aspiration par simple appel d'air. Les deux premiers sont surtout employés pour ozoner de l'oxygène pur.

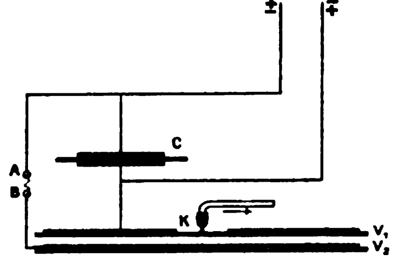


Fig. 11.

Dans le but d'augmenter le nombre des oscillations dans mes ozoneurs, j'ai employé la disposition que je représente dans le schéma ci-dessus (*fig. 11*).

Un condensateur C est placé en dérivation sur le circuit du transformateur; un des conducteurs est coupé en AB où jaillissent

une série d'étincelles fermant, avec des vibrations très rapides, le circuit de l'ozoneur. On obtient une augmentation de la quantité d'ozone fournie par l'appareil, mais elle est hors de proportion avec la somme d'énergie qui se perd sous forme d'étincelles. Je poursuis néanmoins, à l'heure actuelle, l'étude de ce dispositif et j'étudie l'influence des capacités additionnelles sur le rendement de mes ozoneurs.

J'ai également construit des appareils fonctionnant par simple appel d'air et formés par une série d'éléments superposés et munis d'un ou plusieurs orifices en leur centre. On conçoit que les dispositifs que j'indique ici peuvent subir de nombreuses modifications : je ne puis les résumer toutes.

Théorie du fonctionnement.

On peut concevoir de deux façons différentes le fonctionnement de mes ozoneurs.

1° La décharge est continue et se manifeste sous forme d'une seule étincelle, dont la durée est de l'ordre de grandeur des billionnièmes de seconde.

2° La décharge est oscillante et le mouvement vibratoire ne s'arrête qu'au bout d'un certain temps qui est également de l'ordre de grandeur des billionnièmes de seconde.

Dans ce cas si nous appelons :

C la capacité,

L le coefficient de self-induction,

R la résistance du système formé par l'ozoneur et le transformateur.

La durée de chaque oscillation sera donnée par la formule connue :

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Si N est le nombre des oscillations et si φ désigne la durée du courant $\simeq$ portant les électrodes de mes ozoneurs à des potentiels égaux et de signes contraires, l'ozoneur fournira évidemment le maximum de travail utile, pour un temps donné, lorsqu'on aura la relation :

$$2\pi N\sqrt{LC} = \frac{\varphi}{2}.$$

C'est-à-dire que *le rendement maximum sera obtenu lorsque le mouvement vibratoire de l'ozoneur s'éteindra au moment précis où l'alternateur lui communiquera une impulsion nouvelle.*

La représentation graphique du phénomène en donne une idée très nette.

Soient OX, OY, deux axes de cordonnées, OA la sinusoïde représentant les variations de potentiel du courant de l'alternateur, OB la sinusoïde représentant les variations de potentiel des électrodes de l'ozoneur.

Le potentiel des électrodes est maximum quand le courant change de signe.

L'origine des décharges dans l'ozoneur sera donc constamment située sur les ordonnées des points tels que M_1, M_2.... Le mouvement vibratoire s'éteindra apres une série d'oscillations représentées par les courbes $R_1R'_1$, $R_2R'_2$, ...

Entre la fin d'une série d'oscillations et l'origine d'une série nouvelle, il s'écoule un temps R'_1M_2 pendant lequel aucun travail

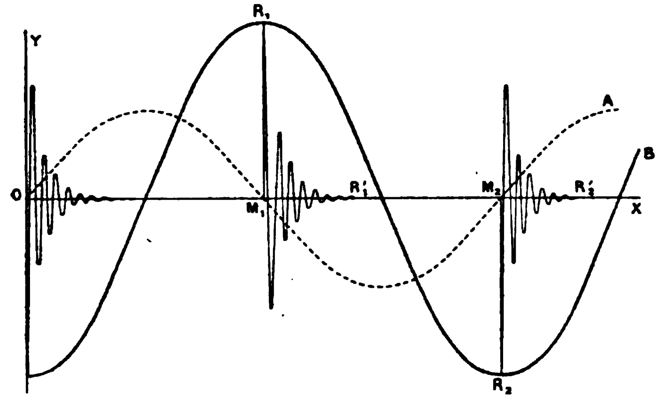


Fig. 12.

effectif n'est produit dans l'ozoneur; si l'on arrive à annuler les intervalles, tels que R'_1M_2, le mouvement vibratoire ne s'éteindra pas dans l'ozoneur *(fig. 12)*.

Pratiquement, la durée totale de la décharge oscillante $M_1R'_1$, $M_2R'_2$ doit être très courte par rapport à la durée d'une demi-période M_1M_2.

Si la théorie que je viens d'exposer est exacte, on doit donc pouvoir augmenter dans de grandes proportions le nombre de périodes avant que les points R'_1, M_2 soient suffisamment rapprochés pour que leur distance soit nulle ou infiniment petite; et,

dans ces limites, le rendement en ozone doit être proportionnel au nombre de périodes, c'est-à-dire au nombre de décharges provoquées dans l'ozoneur et à leur durée.

Ce que je dis au sujet d'une décharge oscillante peut s'appliquer, *a fortiori*, à une décharge continue. Dans ce dernier cas, en effet, un temps plus considérable encore que dans le premier cas doit s'écouler entre la fin d'une décharge et l'origine d'une décharge nouvelle.

Variations du rendement en ozone avec le nombre de périodes.

Pour élucider la question, j'ai exécuté une série d'expériences avec un ozoneur à distribution latérale dont voici les caractéristiques :

Nombre d'éléments	7
Épaisseur des diélectriques	0,0019 *m*
Surface active des électrodes.	0,1483 m^2

Au moyen de résistances appropriées, j'ai maintenu constamment à 6 000 volts le potentiel aux bornes de l'ozoneur; l'intensité du courant, mesurée à l'aide d'un milliampèremètre, n'a pas varié, du moins d'une manière appréciable; elle est restée égale à 0,00140 ampère. Il serait intéressant de voir s'il en serait de même pour une fréquence supérieure à celle du courant que j'ai employé.

Je ferai remarquer que de pareilles mesures d'intensité sont très difficiles à faire sur un seul appareil. Le mieux est de les exécuter sur un groupe d'au moins dix appareils montés en quantité : le quotient de l'intensité mesurée, par le nombre d'appareils, donne l'intensité du courant absorbé par un appareil. La puissance absorbée par l'ozoneur en pleine marche était donc de 8,4 watts.

Le nombre de périodes a varié de 46 à 83,5 par seconde.

Le gaz soumis à l'effluve était de l'air pur et sec. A la sortie de l'ozoneur, il traversait une série de cinq flacons de 1 *l* contenant chacun 180 cm^3 d'une solution de 15 *g* d'iodure de potassium dans 900 cm^3 d'eau additionnée de 10 *g* d'acide sulfurique. Le dosage de l'ozone s'effectuant en titrant, au moyen d'une solution d'hyposulfite de sodium, l'iode mis en liberté.

Je résume, dans le tableau et le graphique qui suivent, les résultats que j'ai obtenus.

Variations du rendement en ozone avec le nombre de périodes du courant.

FACTEURS	EXPÉRIENCES							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Nombre de tours par minute de l'induit	920	1 120	1 140	1 140	1 350	1 350	1 670	1 670
Périodes par seconde (n)	46	56	57	57	67,5	67,5	83,5	83,5
Potentiel aux bornes du primaire du transformateur. Volts.	40	80	80	80	80	80	80	80
Potentiel aux bornes du secondaire du transformateur. Volts.	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
Volume d'air employé	70	70	70	68	70	71	68	70
Durée de l'expérience. Minutes.	15	15	15	15	15	15	15	15
Ozone produit (p). Grammes.	0,092	0,105	0,110	0,1135	0,147	0,138	0,180	0,170

Ce qui frappe immédiatement à la seule inspection de ces chiffres c'est l'accroissement considérable de la quantité d'ozone formé dans les différentes expériences.

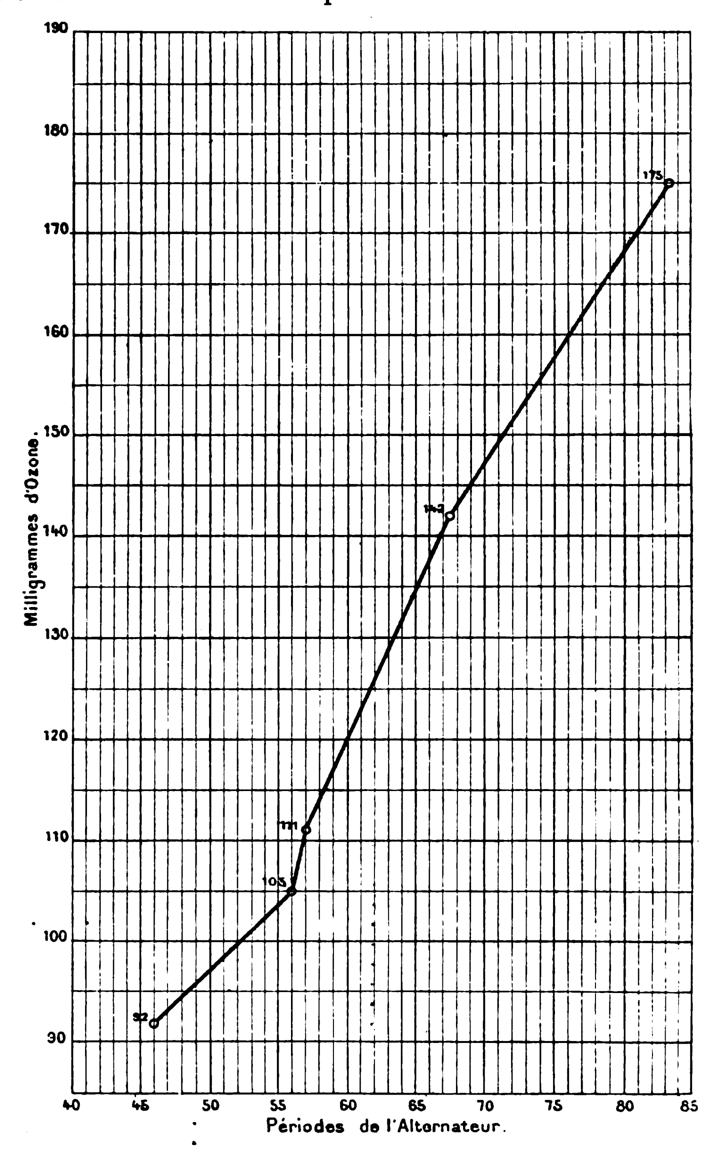


Fig. 13. — Variation du rendement en *ozone* avec le nombre de périodes. Augmentation graphique des résultats obtenus.

La représentation graphique (*fig. 13*) l'indique nettement. Lorsque deux expériences ont été faites avec le même nombre

de périodes, le chiffre porté en ordonnée, pour l'ozone produit, est celui qui correspond à la moyenne des rendements.

Si l'on calcule les rapports successifs de la quantité d'ozone au nombre de périodes et qu'on prenne leur moyenne, on trouve le résultat suivant :

$$\frac{p}{n} = 2 + 0{,}023.$$

On peut donc dire, en tenant compte des erreurs d'expériences et surtout de la difficulté qu'on éprouve à maintenir rigoureusement constant un potentiel de 6 000 volts, que, dans les limites entre lesquelles j'ai opéré, toutes choses égales d'ailleurs, le rendement en ozone et le nombre de périodes sont liés par la loi suivante :

Le rendement en ozone est proportionnel au nombre de périodes du courant alternatif employé pour actionner l'ozoneur.

Ces expériences constituent la vérification la plus nette de la théorie que j'ai exposée.

De la loi que je viens d'énoncer on peut tirer un grand nombre de déductions au point de vue pratique. On peut, en particulier, calculer le nombre de périodes que doit avoir un courant alternatif actionnant un de mes appareils, pour fournir, en ozone, un rendement voisin du rendement théorique. Je me réserve de poursuivre mes experiences dans ce sens.

Rendement des ozoneurs résonnateurs.

Quoi qu'il en soit, j'ai déterminé les rendements qu'on peut obtenir à l'heure actuelle avec mes ozoneurs au moyen de courants alternatifs fournissant 80 périodes seulement par seconde et en utilisant directement l'oxygène de l'air.

J'ai employé pour mes expériences l'appareil et le dispositif expérimental qui m'ont servi à étudier les variations de rendement en ozone avec le nombre de périodes du courant. Le potentiel aux bornes de l'ozoneur a été constamment maintenu à 6 500 volts; dans ces conditions on ne constate aucun échauffement notable même après plusieurs heures de marche.

L'intensité du courant 0,00146 ampère n'a pas varié d'une façon sensible avec la vitesse du courant gazeux. Le débit moyen par centimètre carré d'électrode était donc de : 0,000989 ampère. Je résume dans le tableau suivant les principaux résultats que j'ai obtenus.

Rendements de l'ozoneur Otto à distribution latérale à sept éléments.

TEMPÉRATURE	DURÉE	AIR		OZONE				PUISSANCE ABSORBÉE			RENDEMENTS EN OZONE		
		VOLUME	DÉBIT par heure	OBTENU	PAR LITRE d'air	PAR HEURE	PAR JOUR	E	I	W	PAR cheval-heure	PAR cheval-jour	0/0 du RENDEMENT théorique
	h. m.	*l*	*l*	*gr*	*gr*	*gr*	*gr*				*gr*	*gr*	
18	1,15	45	36	0,598	0,0133	0,479	11,496	6 500	0,00146	9,5	37,11	890,64	3,60
22	1,00	84	84	0,983	0,0117	0,983	23,592	6 500	0,00146	9,5	76,15	1 827,00	7,39
18	0,40	90	135	0,855	0,0095	1,282	30,768	6 500	0,00146	9,5	99,32	2 383,68	9,64
18	0,40	105	157,5	0,871	0,0083	1,307	31,368	6 500	0,00146	9,5	101,26	2 430,24	9,83
18	0,35	105	180	0,861	0,0082	1,476	35,420	6 500	0,00146	9,5	114,35	2 744,40	11,10
18	0,30	128	256	0,819	0,0064	1,638	39,312	6 500	0,00146	9,5	126,90	3 045,60	12,32
18	0,32	190	356,2	0,893	0,0047	1,674	40,176	6 500	0,00146	9,5	129,69	3 112,56	12,58
22	0,34	210	370	0,869	0,00414	1,532	36,768	6 500	0,00146	9,5	118,69	2 848,56	11,51
21	0,30	200	400	1,000	0,005	2,000	48,000	6 500	0,00146	9,5	154,95	3 718,80	15,04

Il résulte de ces chiffres :

1° Que la quantité d'ozone produite augmente sensiblement avec la vitesse du courant gazeux et qu'elle est d'autant plus élevée qu'on s'éloigne davantage du point de saturation;

2° Qu'avec un courant alternatif de 80 périodes seulement par seconde, on peut obtenir 3,718 *kg* d'ozone par cheval et par jour ce qui porte à 15,04 0/0 du chiffre théorique, un rendement qui était primitivement inférieur à 2 0/0.

Prix de revient.

Les oxydations se font, en général, soit au moyen de l'acide chromique pur, soit au moyen d'un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique.

En comptant l'acide chromique cristallisé à 650 *f* les 100 *kg*, comme il faut 4,170 *kg* d'acide chromique pour produire un kilogramme d'oxygène actif on voit que ce kilogramme revient à 27,10 *f*.

Le second procédé nécessite, pour la production de 1 *kg* d'oxygène actif, l'emploi de 6,125 *kg* de bichromate de potassium à 125 *f* les 100 *kg* et 10,200 *kg* d'acide sulfurique à 10 *f* les 100 *kg*. Le kilogramme d'oxydant revient donc dans ces conditions à 8,65 *f*.

Dans ces prix, n'interviennent que les sommes dépensées pour l'achat des matières premières.

En comptant le cheval-heure à 0,05 *f* et en admettant que le rendement industriel de mes ozoneurs soit : 2,400 *kg* seulement par cheval-jour soit : 100 *g* par cheval-heure, on voit que le kilogramme d'ozone ne revient qu'à 0,50 *f*. Mais il faut tenir compte de ce fait que, dans certains cas, le tiers seulement de la molécule d'ozone réagit; le prix du kilogramme d'oxygène actif produisant un effet utile est alors le triple du prix que j'indique pour l'ozone : soit : 1,50 *f*.

Pour être exact, il faut ajouter à ces prix les dépenses nécessitées par la dessiccation de l'air soumis à l'effluve, par le fonctionnement des aspirateurs ou des compresseurs, par l'amortissement de ces derniers appareils et des ozoneurs eux-mêmes, ainsi que les frais de la main-d'œuvre.

Pour une installation produisant 40 à 50 *kg* d'ozone par jour, on doit admettre que ces dépenses atteignent pratiquement 1 *f* par kilogramme d'ozone, ce qui porte le prix de revient de ce dernier à 1,50 *f* le kilogramme.

Applications de l'ozone.

Je n'examinerai pas tous les cas, en nombre presque illimité, où l'ozone peut être efficacement utilisé; je citerai seulement les principaux et, en particulier, ceux pour lesquels on est sorti de la période d'essais de laboratoire pour entrer dans celle de la réalisation industrielle. Ces derniers ne sont pas très nombreux; il faut l'attribuer aux difficultés considérables qu'ont eu à surmonter, jusqu'ici, ceux qui ont voulu se procurer des quantités pondérables d'ozone.

Blanchiment. — Il est admis que l'agent actif du blanchiment sur le pré est l'ozone. Il est donc tout naturel de blanchir directement les tissus en les plongeant dans une atmosphère artificielle saturée d'ozone. C'est ce qu'ont fait plusieurs industriels et, en particulier, MM. Siemens et Halske, de Berlin. Il est admis qu'avec 40 *g* d'ozone on peut blanchir 50 *kg* de toile de lin. L'effet au bout de 12 heures est le même que celui produit par une exposition de trois jours au soleil.

L'ozone peut également être employé comme agent de blanchiment pour d'autres produits : cire, amidon, glucose, sucre, etc.

Avant peu l'ozone sera certainement employé en raffinerie et en sucrerie.

J'ai exécuté il y a plusieurs années une série d'expériences qui ne laissent aucun doute sur l'efficacité de son action. *Le sucre n'est pas attaqué par l'ozone de concentration moyenne.* Les résultats obtenus, tant au point de vue du blanchiment des jus sucrés que de leur purification, sont remarquables.

Un des dispositifs les plus simples qu'on puisse employer pour blanchir les jus sucrés par l'ozone, consiste à utiliser une série de récipients R_1 R_2 R_3... *(fig. 14)* disposés en cascade et réunis au moyen d'une double série de tuyaux O_1 O_2 O_3..., S_1 S_2 S_3... Les jus sucrés, amenés à l'appareil par un moyen quelconque, passent de chaque récipient immédiatement inférieur par les tuyaux S_1 S_2 S_3. Ils sont soumis sur tout leur parcours à l'action de l'ozone qui arrive en sens inverse par les tuyaux O_1 O_2 O_3... et se rendent finalement dans une cuve R, complètement décolorés.

Chaque récipient est muni : 1° d'une glace disposée suivant une génératrice G_1 G_2... qui permet de suivre la marche de l'opération;

2° D'un agitateur C_1 C_2... formé par un système de deux hélices pouvant se mouvoir à l'intérieur d'un cylindre directeur;

3° D'un tuyau de vapeur aboutissant à une couronne percée de nombreux trous V_1 V_2 et pouvant lancer des jets de vapeur horizontaux pour abattre les mousses dans le cas où il s'en produiraient de trop abondantes.

Ce dispositif peut évidemment être modifié de nombreuses façons. Quoi qu'il en soit, il me paraît indispensable pour utiliser

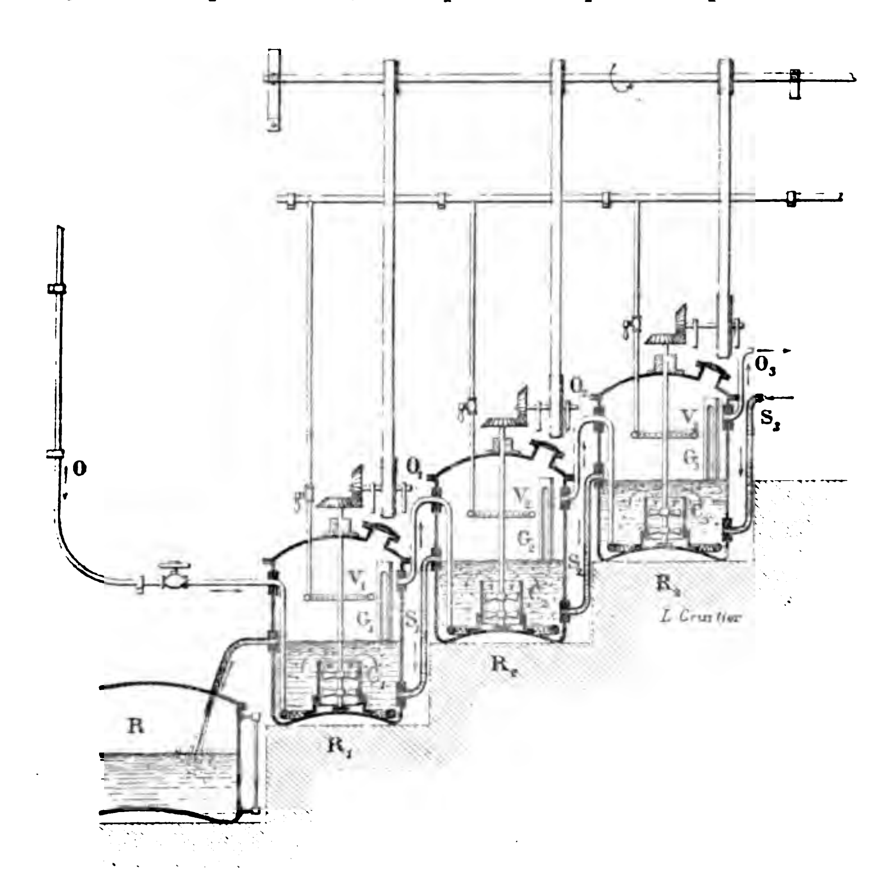


Fig. 14.

convenablement l'ozone, de monter plusieurs barboteurs en tension. Mes appareils n'ont pas encore reçu la consécration qu'une application industrielle faite sur une grande échelle peut seule leur apporter. Je laisse à l'expérience le soin de nous dire exactement ce qu'ils valent.

Substitution de l'ozone à l'eau oxygénée. — Dans la plupart de ses applications, l'eau oxygénée peut être avantageusement remplacée par l'ozone. 40 *gr* d'ozone équivalent, pratiquement, à 1 *kg* d'eau oxygénée du commerce, coûtant 0,50 *f* au minimum.

Teinture. — Les agents d'oxydation employés en teinture pourront être remplacés par l'ozone le jour où ses propriétés oxydantes seront mieux connues.

Purification des eaux. — L'ozone est un microbicide puissant ; son action sur les matières organiques d'origine animale ou végétale en suspension dans l'eau se manifeste d'une manière très nette. Ainsi que je l'ai démontré (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome 123, page 1005), la destruction de ces matières est accompagnée de phénomènes de phosphorescence très curieux.

Il est question de faire prochainement, dans les environs de Paris, un essai de purification industrielle des eaux de la Seine par l'ozone.

Traitement de l'anémie, de la chloro-anémie et de la tuberculose. — Divers médecins ont démontré que l'ozone peut être employé avec beaucoup de succès dans le traitement de certaines maladies provenant de l'appauvrissement du sang ou du ralentissement des fonctions de nutrition : anémie, chloro-anémie, etc. De concert avec mon savant ami, M. le Dr Régnier, nous exécutons en ce moment, à l'hôpital de la Pitié, dans le service de M. le professeur Robin, une série d'expériences ayant pour but d'étudier les effets produits sur les tuberculeux à différents degrés, par des inhalations d'air contenant des doses variables d'ozone pur.

Synthèses de parfums. — J'ai eu l'occasion de réaliser, il y a deux ans, dans une usine créée aux environs de Paris, une des premières applications industrielles de l'ozone qui, à ma connaissance, ait été faite en France. Je ne me crois pas autorisé à décrire l'installation, mais je puis indiquer quel est son but.

L'ozone réagit sur certains carbures de la série aromatique à chaînes latérales en C^3H^5, pour donner les aldéhydes correspondantes (*Association Française pour l'Avancement des Sciences. Comptes rendus du Congrès de Bordeaux, 1895*, page 236). C'est ainsi que :

1° L'eugénol ou l'isoeugénol traités par l'ozone donne l'aldéhyde méthyl-protocatéchique ou *vanilline :*

$$C_6H_3(CH{=}CH{-}CH^3)(OH)(OCH^3) + 2O^3 = 2O^2 + CH^3{-}CHO + C_6H_3(CHO)(OH)(OCH^3)$$

Isoeugénol. Vanilline.

2° Le safrol ou l'isosafrol donne l'aldéhyde pipéronilique ou *héliotropine :*

$$C_6H_3(CH{=}CH{-}CH^3)(O_2CH^2) + 2O^3 = 2O^2 + CH^3{-}CHO + C_6H_3(CHO)(O_2CH^2)$$

Isosafrol. Héliotropine.

2° L'estragol ou l'anéthol donne l'aldéhyde anisique ou *aubépine :*

$$C_6H_4(CH{=}CH{-}CH^3)(OCH^3) + 2O^3 = 2O^2 + CH^3{-}CHO + C_6H_4(CHO)(OCH^3)$$

Estragol. Aubépine.

Les rendements obtenus à l'aide de l'ozone sont excellents. La vanilline ainsi fabriquée est identique à celle qu'on obtient par l'épuisement des gousses de vanille naturelle.

Ces premières synthèses ont mis en lumière la valeur de l'ozone. L'étude des propriétés chimiques de ce gaz, qui sont encore très mal connues, surtout en ce qui concerne la chimie organique, montrera davantage encore tout le parti que l'on peut en tirer.

D'une série d'expériences que je viens d'exécuter sur un certain nombre de corps, on peut d'ores et déjà tirer quelques déductions intéressantes :

1° Les carbures de la série grasse, méthane, éthylène, acétylène, sont attaqués par l'ozone. Il faut, pour qu'une réaction se produise avec le méthane, de l'ozone assez concentré (50 *mgr* par litre). Les produits résultant de la réaction sont l'aldéhyde formique et l'acide formique. L'éthylène réagit plus facilement: quand il entre en contact avec l'ozone, il se produit d'abondantes vapeurs blanches et il se forme de l'aldéhyde éthylique et de l'acide acétique.

Au contact de l'ozone, l'acétylène détone violemment.

2° Les alcools sont oxydés et transformés partiellement en aldéhydes et acides correspondants. Mes essais ont porté sur l'alcool méthylique, l'alcool éthylique, le glycol et la glycérine.

3° Les phénols, phénol ordinaire, pyrocatéchine, résorcine, hydroquinone, sont très faiblement attaqués.

4° Les amines aromatiques donnent naissance aux quinones et aux composés azoïques correspondants. C'est ainsi qu'avec l'aniline j'ai obtenu la quinone ordinaire et l'azobenzène, et que la paratoluidine m'a fourni le parazotoluène.

De ces expériences aux applications industrielles, il y a certes loin; mais elles fixent les idées, précisent les faits et sont autant de jalons posés sur la route de l'inconnu. Quand nous saurons exactement comment se comporte l'ozone avec la plupart des corps, quand nous connaîtrons nettement son rôle vis-à-vis des groupements moléculaires les plus divers, j'ose espérer, messieurs, que les applications fécondes ne tarderont pas à surgir.

CHRONIQUE

N° 207.

SOMMAIRE. — Les constructions élevées aux États-Unis. — Effet des retarders dans les tubes de chaudières (suite et fin). — Le matériel de chemins de fer à l'Exposition de Nuremberg en 1896 (Supplément). — Conduites d'eau en bois. — Pyromètres de tuyères pour hauts fourneaux. — De nouveaux grands vapeurs à roues. — Tôles de grande dimension.

Les constructions élevées aux États-Unis. — Une des choses qui frappent le plus l'étranger qui arrive aux États-Unis est l'élévation considérable des constructions. Non seulement on rencontre à New-York et à Chicago ces bâtiments extraordinaires ayant 16 étages et plus dont les journaux américains nous donnent des dessins, mais encore les constructions de 8, 10 et 12 étages sont très répandues dans les grandes villes de l'Union telles que Philadelphie, Boston, Saint-Louis, etc., et ont commencé à s'introduire dans d'autres beaucoup moins importantes comme Pittsburg et Buffalo.

Nous croyons devoir résumer un article très intéressant donné par l'*Engineering News* relativement à la raison d'être de ces constructions et au moyen de les utiliser.

Le journal américain constate que l'emploi de bâtiments d'une grande élévation amène des avantages très sérieux au point de vue économique et social et qu'il répond à une véritable nécessité.

Il y a une utilité réelle pour la conduite des affaires à ce que ceux qui s'en occupent se trouvent concentrés sur une étude relativement restreinte où ils trouvent de l'air, de la lumière et de l'espace. Si on considère, par exemple, le quartier central des affaires à Chicago, pour réaliser le même résultat avec des bâtiments ordinaires n'ayant pas plus de cinq étages, il faudrait un emplacement beaucoup plus considérable, ce qui entrainerait des difficultés de diverse nature et des dépenses importantes.

Pour prendre un exemple de l'autre côté de l'Atlantique, on sait qu'à Londres, la Cité est à peu près absolument consacrée aux affaires. Or, l'immense quantité de transactions qui s'opèrent dans cet espace limité dans lequel les constructions ont un très petit nombre d'étages, par suite des habitudes anglaises et des restrictions administratives, amène un encombrement et une gêne à laquelle les Américains ne voudraient pas se soumettre. Le contraste entre les vastes et clairs locaux occupés par une maison de commerce de New-York ou de Chicago et les bureaux sombres et étroits d'une maison de la Cité, les deux faisant le même chiffre d'affaires, est d'un effet caractéristique qui a, d'ailleurs, été souvent signalé.

S'il est exact que l'absence, dans les grandes villes d'Europe, de ces bâtiments élevés est amenée par des règlements de voirie très étroits, il faut dire, d'autre part, que l'emploi de ce genre de construction n'a été

Il y a là un danger auquel les constructeurs d'ascenseurs ne paraissent pas avoir fait assez attention. Si, lorsque la cabine est arrêtée à un étage, elle n'est maintenue immobile que par le mécanisme même qui la fait monter, il y a un danger permanent pour les voyageurs.

Dira-t-on que les chances d'un semblable accident sont tellement faibles qu'il n'y a pas à en tenir compte? On estime généralement que l'ascenseur est une machine si simple et si sûre qu'elle ne court, pour ainsi dire, aucun risque de dérangement. Il est intéressant de consulter à ce sujet les rapports trimestriels du chef du département des constructions de la ville de New-York qui a la surveillance des ascenseurs dans ses attributions. On trouve les chiffres suivants pour les trois premiers semestres des deux années 1895 et 1896.

	Janvier à septembre	
	1895	1896
Nombre d'ascenseurs inspectés	2 632	4 257
Ascenseurs trouvés défectueux	62	856
— remis en bon état sur l'invitation du département	44	912
Ascenseurs ayant donné lieu à des poursuites	16	182

Ces chiffres semblent indiquer soit que l'inspection actuelle est trop sévère, soit que la précédente ne l'était pas assez. Le fait que les inspecteurs du département de la construction ont pu trouver en moyenne 95 ascenseurs défectueux par mois est surprenant et quelque peu inquiétant, d'autant plus qu'il s'agit d'appareils ordinairement placés entre les mains d'hommes compétents et tenus dans le qui-vive par crainte d'inspections imprévues. En outre, beaucoup d'ascenseurs sont surveillés par des associations qui s'en font une spécialité. Si on admet que l'inspection de 1896 a été particulièrement sévère et minutieuse, qui nous garantit qu'on n'en reviendra pas plus tard aux errements de 1895?

De ce qu'on est porté à attribuer la cause réelle des difficultés qu'on éprouve avec les ascenseurs pour personnes aux vitesses considérables de fonctionnement qu'on emploie actuellement, s'ensuit-il que ces considérations doivent amener une réduction de ces vitesses? Nous ne le croyons pas. Des vitesses de 3,50 *m* par seconde sont indispensables pour desservir dans de bonnes conditions des bâtiments de 14 étages et plus. Mais il est absolument nécessaire que les constructeurs d'ascenseurs et les architectes qui établissent les programmes auxquels ces appareils doivent satisfaire, apportent la plus sérieuse attention aux questions de sécurité qu'implique l'usage de vitesses aussi considérables.

Nous ne voyons aucune raison pour que les cabines ne soient pas munies de freins sous le contrôle du conducteur, freins par lesquels celui-ci pourrait arrêter la cabine à un point quelconque de son parcours, indépendamment du mécanisme moteur. Si ce frein était mis en relation avec quelque mécanisme solidaire des portes à chaque étage, on aurait une sécurité absolue contre une mise en mouvement intempestive de la cabine pendant l'entrée ou la sortie des voyageurs, due à une cause accidentelle ou à un défaut d'attention du surveillant.

On doit dire un mot ici de l'emploi de buttoirs à air comprimé au bas

des puits d'ascenseurs. Ces appareils étaient d'un usage général il y a une douzaine d'années et ils étaient très efficaces, car ils amortissaient parfaitement et sans inconvénient pour les voyageurs le choc d'une cabine tombant de la hauteur de plusieurs étages. Mais on y a renoncé à peu près complètement pour les ascenseurs desservant 12 étages et plus. Nous croyons qu'on a eu tort ; un heurtoir à air ne suffira pas, il est vrai, pour amortir le choc d'une cage tombant librement d'une grande hauteur, mais, s'il y a sur la cabine même des dispositifs pour retarder la descente, le buttoir pneumatique sera très utile pour amortir l'arrivée à fond d'une cabine descendant à une vitesse insuffisante pour mettre en jeu les dispositifs de sûreté, comme cela s'est produit dans l'accident qui a amené l'étude dont nous nous occupons en ce moment.

Les dispositifs de sûreté à arrêt automatique ne sont pas suffisants à eux seuls. On se rappelle qu'à la galerie des produits manufacturés à l'Exposition de Chicago, il y avait des ascenseurs hydrauliques montant les personnes jusqu'au toit de la galerie à une hauteur vertigineuse. Un jour, un de ces ascenseurs, plein de monde, tomba par suite de la rupture d'un câble ; après quelques mètres de descente, le parachute automatique arrêta la cabine, mais après l'arrêt, il cessa de fonctionner et la cabine reprit son mouvement de descente pour être encore arrêtée et ainsi de suite jusqu'en bas, sans qu'il en résultât d'accident, mais en faisant passer les malheureux voyageurs par une série d'impressions dont on peut se faire une idée.

Il est bien connu que les dispositifs automatiques sont exposés à ne pas fonctionner lorsqu'on en a besoin. C'est particulièrement le cas des parachutes d'ascenseurs ; dans la vie normale d'un ascenseur, ils n'auront peut-être jamais occasion de fonctionner et on n'est jamais certain qu'ils opéreraient d'une manière efficace en cas de nécessité. C'est une raison de plus de leur adjoindre des dispositifs d'arrêt mis entre les mains du conducteur de l'ascenseur.

On peut dire, en résumé, que la question de l'avenir des bâtiments élevés est intimement liée à celle de la sécurité des ascenseurs et que, pour les grandes villes des États-Unis, cette dernière acquiert une importance de premier ordre.

Effet des retarders dans les tubes de chaudières *(suite et fin).* — M. Ch. W. Baker estime que les retarders n'agissent nullement en ralentissant ou retardant le passage des gaz dans les tubes, car s'il ne s'agissait que de modérer le tirage, on y arriverait bien plus simplement en fermant partiellement le registre de la cheminée ou les portes des cendriers. Le véritable effet de ces organes est d'accroître la proportion de calorique communiqué aux parois des tubes par les gaz chauds, et il se produit de deux manières :

1° Les retarders agissent d'abord en brassant les gaz ; on sait que, dans les tubes horizontaux, le courant gazeux se refroidit plus vite à la partie supérieure, parce que cette partie absorbe plus vite le calorique ; on conçoit qu'un brassage continu des gaz égalise la température et accroisse dans une certaine mesure l'absorption du calorique par les parois métalliques.

2° Les retarders agissent également en rayonnant du calorique vers la surface des tubes. Cet effet n'est pas aussi évident que le premier et il est nécessaire d'entrer, à ce sujet, dans quelques explications.

Il n'est pas contestable que la température de la surface extérieure du tube est pratiquement très peu différente de la température de l'eau avec laquelle elle est en contact, et cela quelle que soit la température de la surface intérieure du tube (on suppose que les deux surfaces sont propres). La raison en est que l'eau absorbe le calorique du tube beaucoup plus vite que les gaz ne l'abandonnent à celui-ci.

L'auteur a constaté avec une petite chaudière pleine d'eau froide, que le passage dans le carneau intérieur d'un courant de gaz à la température de 100° n'empêche pas la surface de ce carneau de se couvrir de rosée.

Le taux de transmission de la chaleur par les surfaces de chauffe dépend entièrement de la quantité qui peut être absorbée par la surface en contact avec les gaz chauds. Si on place dans le tube un corps solide de forme quelconque, ce corps est baigné dans le courant gazeux, qui a une température de 500°, par exemple, il prend cette température, et, si la surface intérieure du tube est à une température inférieure, 150° par exemple, les deux surfaces très rapprochées étant l'une à 500°, l'autre à 150°, la première rayonnera sur la seconde et accroîtra la proportion de calorique que celle-ci peut transmettre à l'eau.

L'énergie de cette radiation dépend de la surface du corps intérieur et de la différence de température. Si on place dans le tube un simple croisillon formé de deux diamètres se coupant à angle droit, on a une surface radiante égale à 1,33 fois la circonférence du tube et l'effet sera double de celui d'une seule lame égale au diamètre du tube.

L'auteur a fait de nombreux essais pour apprécier l'effet des radiateurs. Ainsi, il a pris un tube en contenant un autre de plus petit diamètre, formant ainsi un espace annulaire qu'il a fermé par les extrémités, cet espace contenant de l'eau. La surface extérieure de l'appareil était recouverte d'une couche non conductrice. On faisait passer dans le tube intérieur un courant d'air chaud provenant d'une lampe ou d'un bec de gaz. On opérait d'abord avec l'appareil tel qu'il vient d'être décrit, puis avec un croisillon placé dans le tube intérieur. L'expérience a permis de constater que :

1° La proportion d'accroissement de la chaleur transmise à l'eau augmente avec la température du courant gazeux qui traverse le tube ;

2° Cette proportion est plus grande avec les tubes verticaux qu'avec les tubes horizontaux, parce qu'une surface donnée située horizontalement absorbe, dans les conditions ordinaires, plus vite le calorique que la surface verticale.

On a trouvé, avec le tube vertical et avec une température des gaz suffisante pour transmettre de 2 700 à 8 100 calories par mètre carré et par heure, que l'addition d'un radiateur donne une augmentation de transmission allant de 20 à 40 0/0.

Les croisillons présentent sur les spirales essayées par M. Whitham l'avantage de ne pas gêner le tirage au même degré et d'opposer moins de difficulté pour le nettoyage des tubes par un jet de vapeur.

Des expériences faites sur des chaudières ont fait voir que les deux dispositions sont utiles avec des chaudières à tubes courts, d'assez fort diamètre, ayant un tirage énergique ; il est nécessaire que les surfaces soient propres, sinon l'avantage disparait rapidement.

L'avantage des radiateurs ou retarders dépend entièrement de la température de sortie des gaz ; on peut admettre qu'une réduction de 50° C. dans la température de ceux-ci représente de 5 à 10 0/0 d'économie sur le combustible. Il n'y a pas, en général, utilité sérieuse à employer ces organes lorsque les gaz sortent des tubes à une température inférieure à 280° C.

L'observation n° 7 formulée dans la communication de M. Whithow, savoir que les retarders ne peuvent être employés que pour des tubes où passent les gaz de la combustion, semble indiquer qu'on a pu penser à les employer pour des tubes contenant de l'eau ; cette disposition n'aurait aucune raison d'être, parce que la transmission de la chaleur à l eau se fait toujours suffisamment. Si on employait des ailettes pour des tubes à eau, ces ailettes devraient être mises à l'extérieur et non à l'intérieur.

M. William Kent pense qu'on peut donner encore une autre explication de l'effet des retarders, laquelle, d'ailleurs, n'est point exclusive de celle qui vient d'être donnée par M. Baker.

Dans les chaudières tubulaires ordinaires, les gaz chauds ont une tendance à passer dans les rangées supérieures plutôt que dans celles du bas. Si on place des pyromètres dans les tubes, on constate que les gaz sortant des tubes supérieurs sont à une température plus élevée qu'à la sortie des tubes inférieurs. L'auteur a fait des essais en plaçant des boulons en fer dans certains tubes de chaudière, et en les plongeant dans l'eau on trouvait une augmentation graduelle de la température des rangées du bas vers les rangées du haut. Si on opérait avec des baguettes en bois, on constatait que dans les tubes inférieurs le bois se charbonnait seulement, tandis qu'il brûlait dans les rangées supérieures et se réduisait en cendres. Si le pyromètre indique 250° à la base de la cheminée, on pourra trouver 400° à la sortie des tubes des rangées supérieures et 180° à la sortie des tubes du bas, soit sensiblement la température de l'eau de la chaudière. Si on met obstacle au passage des gaz à travers les tubes du haut, ou même à travers tous les tubes, il pourra en résulter un passage plus égal des gaz dans les tubes et, finalement, un avantage au point de vue de la vaporisation produite.

L'auteur fait remarquer, à propos de ce qui vient d'être dit, qu'il ne faudrait pas prendre seulement la moyenne des températures supérieure et inférieure, on commettrait une erreur importante, car non seulement, dans les rangées supérieures, les gaz sont plus chauds, mais encore ils y sont animés d'une plus grande vitesse, ce qui représente plus de calorique. Ainsi, par exemple, avec une cheminée métallique, si on place des thermomètres à divers points de la section, on pourra trouver une température de 200° près de la circonférence et une de 300°, la moyenne n'est pas la moyenne arithmétique de 250°, parce que le courant gazeux a plus de vitesse au centre et que le débit des gaz les plus chauds est plus considérable.

M. Carlisle Wallace expose qu'on a eu de très bons résultats en combinant l'emploi des retarders avec celui des tubes Serve. Ainsi, à Sheffield, on se sert de tubes Serve de 83 *mm* de diamètre avec des spirales placées dans la partie centrale. On obtient de l'addition de ces retarders un avantage d'environ 5 0/0 qu'on doit attribuer au brassage des gaz entre les ailettes et à un certain ralentissement de passage de ces gaz; on opère avec un tirage de 75 *mm* d'eau. Les surfaces restent propres pendant une semaine, on n'a pas besoin de les nettoyer pendant cet intervalle.

On a constaté qu'avec des chaudières marines dont la production était insuffisante, l'addition des retarders dans la moitié seulement des tubes donnait des résultats très satisfaisants. On peut obtenir des avantages de même genre avec un écran placé dans la boîte à fumée ou même avec des bagues placées dans les tubes des rangées supérieures pour ralentir le passage des gaz dans ceux-ci. Les écrans ou déflecteurs sont actuellement très employés pour les locomotives en Amérique.

L'emploi des appareils qui font le sujet de cette note n'est pas d'ailleurs récent. Nous croyons nous rappeler qu'il a fait, il y a une douzaine d'années, l'objet d'expériences sur divers chemins de fer, entre autres le Central Suisse, et sans succès. L'*Engineer* du 1er avril 1892 cite l'emploi de ces retarders, désignés sous le nom de spirales de Howden, combiné avec celui des tubes Serve comme ayant donné de bons résultats sur de grands bateaux; la spirale force les gaz chauds à passer entre les ailettes. Cet article a été reproduit dans le *Bulletin technologique* des Arts et Métiers, 2e volume de 1892, page 958.

Le matériel de chemins de fer à l'Exposition de Nüremberg en 1896 *(Supplément)*. — Nous croyons intéressant de donner ici, d'après un très remarquable travail de M. E. Bruckmann, Ingénieur de la fabrique saxonne de locomotives, à Chemnitz, travail paru dans le *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, quelques renseignements complémentaires sur quelques-unes des locomotives les plus curieuses de l'Exposition de Nüremberg.

Nous commencerons par la machine à grande vitesse à essieu et mécanisme auxiliaires de Krauss, type AAI des chemins de l'État bavarois. Voici la répartition des charges exercées par les divers essieux sur la voie dans les deux hypothèses de l'emploi de l'essieu auxiliaire et de son non-emploi.

	Sans l'essieu auxiliaire		Avec l'essieu auxiliaire	
Essieu d'arrière	13 000 *kg*		8 350 *kg*	
Essieu moteur	14 700	14 700 *kg*	14 600	28 200 *kg*
Essieu auxiliaire	0		13 600	
Deuxième essieu du bogie	11 750		7 000	
Premier — —	12 200		8 100	
TOTAL	51 650 *kg*		51 650 *kg*	

On voit, par le tableau qui précède, que le poids adhérent, de 14 700 *kg*

avec l'essieu libre seul, peut être porté à 28 200, soit tout près du double lorsqu'on fait entrer en jeu l'essieu auxiliaire.

Comme machine à roues libres, la locomotive peut traîner un train de voyageurs de poids modéré sur un profil facile à une vitesse atteignant 95 *km* à l'heure. Avec l'essieu auxiliaire, elle traine un train de 5 grandes voitures pesant chacune 30 *t*, soit 150 *t*, ou, en comptant 51,65 *t* pour la machine et 43 pour le tender, un poids total de 244,65 *t* sur un profil comportant des inclinaisons de 10 0/00 et des courbes de 500 *m* de rayon ; l'effort de traction correspondant est de 4 035 *kg* se divisant en 2 060 pour les cylindres de l'essieu moteur et 1 975 pour ceux de l'essieu auxiliaire. La vitesse est de 50 *km* à l'heure, vitesse qu'on ne saurait guère dépasser, car elle correspond à 260 *t* par minute des roues de l'essieu auxiliaire, le travail correspond à 753 *ch* ou 6,2 par mètre carré de surface de chauffe, ce qui est encore admissible.

La machine compound tandem n° 2 064 de l'État bavarois construite et exposée par la fabrique Krauss présentait une assez singulière disposition du mécanisme de distribution. Les coulisses du Walschaerts étaient actionnées par des bielles articulées sur le bouton d'une contre-manivelle portée par le quatrième essieu accouplé, soit celui d'arrière, alors que les bielles motrices attaquaient le troisième essieu. On avait dû recourir à cet artifice très critiquable, dont un des inconvénients est d'exiger l'emploi d'une bielle de 3,25 *m* de longueur, parce que le gabarit ne permettait pas de placer la contre-manivelle de distribution sur l'essieu moteur. Dans une autre machine semblable construite pour le chemin de fer du Palatinat, on a recouru à une autre solution plus satisfaisante.

La coulisse du Walschaerts est commandée par un excentrique calé sur l'essieu moteur et à l'intérieur des roues, les coulisses sont aussi à l'intérieur et la bielle commandée par le coulisseau également, celle-ci s'attache à un court bras porté par un *rocker* dont le bras extérieur s'articule avec une bielle qui rejoint le levier d'avance. Cette disposition dégage bien l'extérieur de la machine tout en lui permettant de conserver les tiroirs en dehors.

Cette machine porte un appareil de démarrage formé d'un tuyau faisant communiquer ensemble les deux lumières de chacun des cylindres à haute pression, ce tuyau portant un robinet mû par une tringle arrivant à la portée du machiniste. L'ouverture de ce robinet met les deux parties du cylindre à haute pression en communication et, par conséquent, le piston correspondant en équilibre, la vapeur arrive alors avec toute sa pression sur l'un ou l'autre côté des grands pistons et la machine fonctionne avec les grands cylindres seuls. On obtient ainsi un effort qui peut aller à 15 000 *kg* ; ainsi, dans un essai fait le 24 mars de l'année dernière sur le chemin de fer du Palatinat, la machine a remonté dans ces conditions sur une rampe de 1 à 68, soit 14,9 0/00, un train de 48 voitures à voyageurs vides du poids de 464 *t*, ou 565, y compris le moteur ; l'effort exercé correspond à 11 300 *kg*, soit 1/5ᵉ du poids adhérent. Sur la même ligne, la machine a remonté, avec vapeur directe, un train de 980 *t* soit 1 070 avec le moteur sur une rampe de 1 à 140, soit 7,15 0/00 ; l'effort de traction correspond à 12 945 *kg*, soit 1/4,33 du

poids adhérent. La vitesse devait être très faible dans ces deux cas. A la marche compound, l'effort maximum est de 10 400 *kg* et correspond à une adhérence de 1 à 5,4.

Les essais des machines compound articulées sur le chemin de fer du Palatinat ont donné des résultats analogues. En juillet 1896, une de ces machines a fait remonter à la vitesse de 20 *km* à l'heure une rampe de 1 à 130, soit 7,7 0/00 à un train de 74 wagons, soit vides soit chargés, représentant un poids de 1 000 *t*, soit 1 099,2 avec le moteur; l'effort de traction ressort à 11 540 *kg*, ce qui fait 1 sur 4,9 du poids adhérent; il a été développé exclusivement avec la marche en compound, le travail correspondant est de 855 chevaux, soit pour une surface de 122,4 m^2 seulement, 7 *ch* par mètre carré; on conçoit que ce travail a été de durée limitée. Ces essais avaient pour objet de mettre en comparaison les deux systèmes de machines et le résultat définitif des épreuves n'est pas encore connu.

La machine à voyageurs à 4 cylindres de Maffei traine des trains de 390 *t*, ce qui fait 401,5 *t* avec le moteur sur des rampes de 1 à 95, soit 10,5 0/00 à 50 *km*; l'effort correspondant est de 6,255 *kg* et le travail de 1 154 *ch* ou 9 *ch* par mètre carré pour 128 m^2 de surface de chauffe intérieure. Ce travail ne peut guère être que d'une durée limitée.

Nous appellerons l'attention sur l'emploi très général qui est fait dans toutes ces machines de l'acier sous toutes ses formes, acier laminé pour chaudières, longerons, etc., acier forgé pour essieux, mécanismes, etc., et acier coulé pour toute espèce de pièces, pistons, plateaux de cylindres, supports, crosses de pistons, corps des bissels, glissières, etc.

Nous reproduisons en essence les conclusions de l'important travail de M. Bruckmann.

On constate d'abord l'emploi général sur toutes les grandes machines de l'Exposition du système compound, mais on remarque aussi que sur deux de ces machines, ce système est employé, non seulement pour obtenir une amélioration du travail de la vapeur, mais encore pour diviser le travail total de la machine sur deux groupes d'essieux et réduire, par conséquent, la fatigue des essieux et des mécanismes.

On voit également la tendance très nette à l'emploi des bases flexibles; toutes les machines exposées sont pourvues d'essieux à déplacement convergent.

Ces questions présentent un grand intérêt pour les locomotives à marchandises pour lesquelles un type très puissant est recherché actuellement.

Pour 4 essieux accouplés, chargés dans les limites qu'autorisent les règlements, l'emploi de 2 cylindres seulement agissant en compound est devenu impossible parce qu'on sortirait du gabarit; il faut donc absolument recourir à l'emploi de 4 cylindres. Emploiera-t-on ces 4 cylindres sous forme de machines duplex ou de machines tandem comme celle de Krauss ou combinera-t-on cette dernière disposition avec l'emploi de mécanismes articulés, c'est ce que les essais en cours d'exécution indiqueront dans un avenir prochain.

La locomotive à essieu et mécanisme auxiliaires de Krauss a beaucoup

attiré l'attention ; elle soulève, en effet, une question des plus intéressantes.

L'expérience seule décidera si cette machine est bien pratique et il serait encore téméraire de formuler une opinion à cet égard, mais tous les gens compétents seront d'accord pour reconnaître que cette machine fournit une excellente occasion pour étudier la question encore si peu connue des résistances intérieures des locomotives ; elle permettra de faire des comparaisons très utiles entre le rendement des machines à roues indépendantes et celui des machines à roues accouplées et il est à désirer que la direction générale des chemins de fer de l'État bavarois rende publique dans toute leur étendue les résultats des expériences faites sur cette machine au point de vue dont nous parlons et enrichisse ainsi la science de documents relatifs à des questions sur lesquelles on a encore peu de lumière.

Conduites d'eau en bois. — Nous avons déjà eu à plusieurs reprises l'occasion de signaler l'emploi de conduites d'eau en bois qui se fait dans certaines parties des États-Unis. En voici un nouvel exemple que nous trouvons dans un mémoire de M. A. L. Adams à l'*American Society of Civil Engineers*, sur la distribution d'eau d'Astoria dans l'Orégon.

On a établi une conduite d'eau pour amener à Astoria 12000 m^3 par jour environ. Cette conduite se compose de 12 000 *m* de tuyaux de bois formés de douves et de 0,45 *m* de diamètre, de 4 830 *m* de tuyaux en tôle d'acier de 0,40 *m* de diamètre et de 1 600 *m* de tuyaux de même nature de 0,35 *m*. Cette conduite, venant d'un réservoir formé par un barrage établi sur le Bear Creek, affluent de la rivière Columbia, aboutit à un réservoir de service situé dans la ville et d'une capacité de 20 000 m^3.

Les tuyaux en bois coûtent à peu près la moitié des tuyaux en acier, mais on ne les emploie que pour une charge qui ne dépasse pas 45 *m* tandis que les seconds peuvent supporter une charge au moins double.

Ces tuyaux sont faits en douves de pin jaune assez minces pour se courber facilement dans le sens de la circonférence du tuyau ; en pratique, on adopte les dimensions de 0,15 *m* de largeur et 0,05 *m* d'épaisseur, le bois doit être exempt de nœuds, ajusté suivant la forme du tuyau et les faces sont munies de rainures. La longueur de ces douves varie de 3,60 *m* à 7,20 *m* ; des languettes en tôle d'acier sont insérées dans les faces de joint. Le tuyau est ensuite fretté avec des cercles en acier rond de 11 *mm* de diamètre espacés de 0,300 *m* pour les faibles charges et plus rapprochés jusqu'à 0,075 *m* pour les charges de 45 *m*.

Des expériences faites avec soin ont permis de constater que ces tuyaux peuvent résister à des pressions de 10 à 11 *kg* par centimètre carré. Avec un faible serrage initial, la compression due au gonflement qui se produit par l'imbibition de l'eau développe un effort de 8,75 *kg* par centimètre carré.

Comme débit, un tuyau en bois de 0,45 *m* de diamètre équivaut à un tuyau en tôle d'acier de 0,40 *m*, au point de vue de la résistance au frottement.

Les journaux américains mentionnent une conduite en bois de 1,07 *m* de diamètre, établie cette année à Saint-Paul, Minn., laquelle débite 55 000 m^3 par 24 heures; elle a coûté environ 30 *f* par mètre courant, y compris les fouilles pour la placer.

Pyromètre de tuyères pour hauts fourneaux. — Le *Stahl und Eisen* décrit un système original de pyromètre, ou plutôt de calorimètre, destiné à permettre d'apprécier la température du vent aux tuyères des hauts fourneaux, mais qui pourrait facilement recevoir d'autres applications. Il est dû à M. G. Braubach et a été introduit en 1895 aux usines de la Concordia à Bendorf-sur-Rhin et fonctionne sans interruption depuis cette époque.

L'appareil comprend un petit réservoir de 30 à 40 *l* environ de capacité alimenté d'eau par un siphon d'une manière constante et placé à un niveau un peu supérieur à celui des tuyères, ce réservoir communique par le bas à deux tuyaux qui entretiennent chacun un courant continu dans deux petits récipients contenant chacun un thermomètre à large graduation. Le thermomètre de gauche donne, par exemple, la température de l'eau du réservoir, tandis que le thermomètre de droite donne celle d'un courant d'eau circulant dans un tuyau de 8 *mm* qui traverse la tuyère ; on conçoit que, si le courant d'eau est constant comme débit, la différence des températures des deux thermomètres sera proportionnelle à la différence de la température de l'air chaud et de celle de l'atmosphère.

Pour avoir les températures absolues, on a gradué le thermomètre donnant la température de l'air chaud par rapport à un pyromètre quelconque, de sorte que l'inspection de l'échelle donne à une approximation très suffisante pour la pratique, la température du vent. On emploie comme étalon un pyromètre à eau et on vérifie la graduation de temps en temps. L'appareil est très simple et n'exige pas d'entretien ; la seule partie qui soit exposée à la chaleur est le tube en cuivre, mais il la supporte très bien et on n'a qu'à l'examiner à peu près tous les six mois.

De nouveaux grands vapeurs à roues. — Dans l'étude que nous avons donnée l'année dernière sur les grands vapeurs à roues, nous indiquions que le record de la puissance appartenait jusqu'ici aux steamers de la Compagnie Zeeland faisant le service entre Flessingue et Queensborough et dont les machines à triple expansion développaient 9 000 *ch*, mais la vitesse était assez loin de correspondre à cet énorme développement de puissance.

Les constructeurs de ces bateaux, la Fairfield Shipbuilding and Engineering Company, de Glasgow, a mis à l'eau, ces jours-ci, un bateau à roues qui dépassera en puissance et bien certainement en vitesse les vapeurs dont il vient d'être question. Il a reçu le nom de *Empress Queen* et est destiné au service entre Liverpool et l'île de Man, service qui possède déjà des bateaux rapides dont nous avons eu occasion de parler.

C'est un navire en acier de 2 000 *tx* de jauge brute; la longueur est de 114,37 *m*, la largeur de 25,50 *m* hors tambours, et le creux de 7,78 *m*, avec quatre ponts dont le dernier est un pont de promenade. Sur le

pont le plus bas est, à l'arrière des machines, une salle à manger de première classe pour 124 voyageurs avec les locaux accessoires; au même niveau et derrière un salon pour les dames, à l'avant des machines des installations analogues pour seconde classe; sur le spardeck des cabines avec lits et au milieu un emplacement pour les bagages, et un bar et un fumoir. Le pont de promenade va de l'avant des chaudières jusqu'à l'arrière sur toute la largeur avec des sièges tout autour. Toutes les installations ne laissent rien à désirer comme luxe et confortable et sont traitées dans le goût le plus moderne.

L'appareil moteur, qui doit développer une puissance indiquée de 10 000 *ch*, se compose d'une machine compound inclinée avec trois cylindres et trois manivelles; le cylindre à haute pression est au milieu avec un cylindre à basse pression de chaque côté. Le premier à des tiroirs cylindriques et les autres des tiroirs plans, tous actionnés par des coulisses et deux excentriques. La condensation s'opère naturellement par surface, le condenseur, en forme de cylindre horizontal, est placé, comme d'habitude dans ce genre de machine, transversalement entre les cylindres et les bâtis qui portent l'arbre des roues; la circulation de l'eau s'opère par des pompes mues par une machine indépendante.

Les roues articulées ont des aubes en tôle d'acier. La vapeur est fournie par quatre chaudières à double façade placées deux en avant, deux en arrière des machines avec une cheminée pour chaque groupe. Ces chaudières contiennent chacune 8 foyers, soit un total de 32, elles sont en acier du système ordinaire cylindrique tubulaire. Elles fonctionnent avec un tirage forcé, par le système Howden, avec ventilateurs et machines indépendantes. Nous reviendrons sur ce bateau dès qu'il sera mis en service.

Nous disions dans l'article que nous avons rappelé (Mai 1896, p. 756) que la Société Cockerill avait en construction pour le service de l'État belge, entre Ostende et Douvres, un nouveau bateau du type de la *Marie-Henriette*. Ce bateau qui porte le nom de *Princesse-Clémentine* a les mêmes dimensions de coque que le précédent, soit 103,60 *m* de longueur, 11,60 *m* de large et 23,40 *m* hors tambours, et 4,50 *m* de creux; mais les machines seront un peu plus puissantes; elles doivent indiquer 8 500 *ch* au lieu de 8 130 *ch*; on espère ainsi réaliser une vitesse de 22,5 nœuds c'est-à-dire la plus grande qui ait été encore obtenue pour la traversée de la Manche.

La *Princesse-Clémentine* doit être achevée très prochainement; les essais auront lieu en Écosse comme cela se pratique pour tous les bateaux de la ligne de l'État belge, tant pour avoir des éléments de comparaison plus exacts entre les bateaux faits en Belgique et ceux construits en Écosse, que parce que la côte de Flandres se prête mal aux essais de ce genre à cause de la présence des bancs de sable et des courants.

Tôles de très grande dimension. — Le journal *Engineering* indiquait qu'il avait été laminé aux forges de la Stockton Malleable Iron Cy, une tôle d'acier du poids de 5 588 *kg* ayant, achevée, les dimensions suivantes : longueur 23,24 *m*, largeur 1,524 *m*, épaisseur 15 *mm*.

Avant que les bords ne fussent affranchis, la largeur varait de 1,575 *m* à 1,880 *m*.

Avant cette plaque, la plus grande laminée en Angleterre était une tôle fabriquée aux forges de Dowlais, du poids de 4 114 *kg* et de 21 *m* de longueur, 1,28 *m* de largeur et 15 *mm* d'épaisseur.

Le *Stahl und Eisen* rappelle à ce sujet que la maison Fried. Krupp avait exposé à Chicago, en 1893, une tôle pour chaudières de 20 *m* de longueur, 3,3 *m* de largeur et 32 *mm* d'épaisseur, pesant 16 200 *kg*. La superficie de cette tôle est de 66 m^2 tandis que celles des tôles anglaises dont il vient d'être question sont seulement de 35,4 m^2 et 26,98 m^2.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

FÉVRIER 1897.

Rapport de M. DE LUYNES sur les procédés de MM. DONARD et BOULET pour **le traitement économique des sous-produits de la distillation des matières amylacées.**

Il s'agit du traitement des drèches qu'on filtre pour en retirer un liquide concentré riche en azote et en acide phosphorique représentant un engrais puissant; les drèches d'où a été séparé ce liquide ne rancissent plus et se conservent pour ainsi dire indéfiniment. On réalise ce traitement au moyen de deux appareils, un appareil rotatoire à dessécher les matières dans le vide et un appareil jumeau à déplacement pour l'extraction des matières grasses.

MM. Donard et Boulet ont traité dans les sept dernières années, depuis 1890, environ 13 millions de kilogrammes de tourteaux de maïs dont ils ont retiré 3 500 000 *kg* d'huile.

Dans une année ils ont pu produire 20 000 *kg* d'huile de blé, 7 000 *kg* d'huile de seigle et plus de 200 000 *kg* d'huile de riz.

Rapport de M. CARPENTIER sur **le compteur** de M. CADOT.

Ce compteur est destiné à totaliser le temps pendant lequel un circuit électrique est fermé. C'est un simple compteur horaire, composé d'une horloge et d'un coupe-circuit entre lesquels est établie une liaison mécanique telle que l'horloge est arrêtée quand le circuit est ouvert et marche quand il est fermé.

On peut dire que, d'une manière générale, ce compteur convient à l'enregistrement du temps que dure un phénomène dont la production est déterminée ou suspendue par le changement de position d'une pièce quelconque.

Rapport de M. A. MUNTZ sur un travail de M. LIVACHE intitulé : **Procédés de traitement des ordures ménagères à New-York et à Philadelphie.** — Leur application au traitement des ordures ménagères de la Ville de Paris.

Ce mémoire, rédigé à la suite d'un voyage aux États-Unis, contient des renseignements très intéressants sur le traitement des ordures ménagères à New-York et à Philadelphie. Dans cette dernière ville, on ne traite pas moins de 800 *t* par jour pour une population d'un million d'habitants; la population y est peu dense, 5,8 habitants par maison, contre 16,4 à New-York; on conçoit que, dans ces conditions, l'enlèvement des ordures soit plus coûteux.

Le traitement se fait de deux manières : pour une partie de la ville,

par l'incinération, pour l'autre, par la vapeur sous-pression, ce qui permet de recueillir les parties utiles contenues dans le garbage. L'enlèvement se fait tous les jours (sauf le dimanche) dans des voitures métalliques fermées et étanches.

L'incinération se fait dans des fours dont chacun brûle 50 *t* de garbage par jour; les frais d'incinération s'élèvent à 1,55 *f* par tonne; on obtient, comme résidu, 5 0/0 environ d'une cendre qui peut être utilisée en agriculture, mais qui n'a pas encore trouvé de débouchés réguliers.

Le traitement par la vapeur sous pression, par le procédé Arnold, s'effectue sur 400 à 450 *t* par jour; le garbage est exposé en vase clos à l'action de la vapeur; l'eau qui s'écoule entraine les matières grasses, on presse les résidus solides et on les dessèche pour obtenir une matière fertilisante.

L'usine comprend vingt digesteurs et huit presses. On retire de 100 *kg* de garbage vert 2,5 à 5 0/0 de matière grasse et 12 à 18 0/0 de garbage sec; le reste est de l'eau. La matière grasse se vend brute 30 *f* les 100 *kg*, la partie sèche a une valeur variable qui, à certaines époques de l'année, peut atteindre 60 *f* la tonne.

A New-York, on a fait plusieurs tentatives infructueuses de traitements et, à la suite d'un concours, une Compagnie a installé une usine pour traiter 500 *t* par jour, soit la moitié de la production de la ville. par le procédé Arnold qui vient d'être décrit. Cette usine a commencé à fonctionner vers la fin de 1896; on compte étendre ce traitement à la totalité de la production de New-York.

L'auteur pense que ce procédé de traitement serait appliqué avec grand avantage à Paris. Les 900 000 m^3 de gadoues qu'on y recueille par an représentent environ 720 000 *t* qui fourniraient 90 000 *t* de gadoue sèche et 7 200 *t* de matières grasses d'une valeur collective de près de 6 millions de francs.

Il est d'autant plus nécessaire de recourir à ce mode de traitement qu'à Paris le transport de la gadoue verte par voie ferrée est trop coûteux pour que celle-ci puisse être employée de préférence aux engrais chimiques, et que l'utilisation de cette gadoue verte présente de nombreux inconvénients pour l'hygiène. L'incinération est trop coûteuse et ne permet point de recueillir les substances utilisables que renferment les gadoues.

Études de céramique exécutées à la demande des fabricants de porcelaine de Limoges, sous la direction du Comité des arts chimiques de la Société d'Encouragement, par M. Emilio Damour.

Ces études se rapportent aux deux questions suivantes : 1° Mesure des dilatations des pâtes et couvertes de porcelaine, et examen des défauts de fabrication et accidents se rattachant à la question des dilatations; 2° Étude de l'influence des atmosphères de cuisson oxydantes et réductrices sur les colorations des pâtes et couvertes de porcelaine par le fer et le cobalt.

Ces études ont été effectuées en 1893, 1894 et 1895 au laboratoire de l'École des Mines.

Nous devons nous borner à énoncer l'objet de ces remarquables recherches, et à renvoyer à l'important travail de M. Damour ceux de nos lecteurs que la question intéresserait particulièrement.

Étude du **fonctionnement des moteurs à vapeur à un cylindre,** par M. E. Lefer.

Dans cette étude, l'auteur expose la série des phénomènes qui se passent dans le cylindre unique d'une machine à vapeur dans les diverses phases de la marche du piston, en tenant compte de l'action inévitable des parois du cylindre qui, perméables au calorique, l'absorbent et le restituent alternativement en déterminant des vaporisations et des condensations dont l'influence est considérable sur la dépense de vapeur.

D'une étude très circonstanciée, l'auteur conclut à la réduction des parois et, par conséquent, à l'emploi de moteurs à faible diamètre de piston et grande course, au moins pour machines à marche lente. L'influence des parois conduit à une réduction de la détente pour avoir la consommation minimum, ainsi une introduction théorique de 1/12 sera ramenée à 1/6me.

La partie qui nous a semblé la plus originale dans le mémoire de M. Lefer est l'explication qu'il donne de certaines ondulations présentées par les diagrammes d'indicateur et qu'on a souvent attribuées au fonctionnement défectueux des appareils. M. Lefer estime que ces ondulations ont pour cause des phénomènes réels que subit la vapeur dans son passage à travers le cylindre; elles proviennent, d'après lui, de vaporisations instantanées pendant la détente sous l'influence d'un certain degré de surchauffe acquise par la vapeur dans l'étranglement dû à la fermeture lente de la lumière.

Ce point nous parait très intéressant à noter et nous sommes d'autant plus disposé à partager les idées de M. Lefer à cet égard que nous avions nous même signalé ce fait il y a déjà vingt ans (voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*, novembre et décembre 1877 page 916) en indiquant que les ondulations du diagramme pouvaient très bien résulter d'une vaporisation irrégulière et par soubresauts de l'eau existant à l'état liquide dans les cylindres, phénomène qui a quelque analogie, disionsnous, avec les émissions brusques de gaz qui se font dans les siphons d'eau de seltz lorsque la pression a déjà notablement baissé dans l'intérieur, cette comparaison n'ayant d'ailleurs pour but que de faire comprendre ce phénomène par analogie, sans identification des causes et des circonstances où il se produit.

Le mémoire de M. Lefer est accompagné de tableaux contenant notamment des données intéressantes relatives aux concommations théoriques et pratiques des machines pour diverses conditions de fonctionnement.

Sur la diffusion des métaux, par C. W. Roberts-Austen, traduit par F. Osmond.

Ce travail présente un intérêt particulier en ce qu'il montre la possibilité de l'existence de mouvements moléculaires dans les métaux cris-

tallisés et à une température notablement inférieure au point de fusion de l'alliage; on est conduit à admettre que les solides peuvent être soumis aux lois de la diffusion et de la solution liquides.

L'auteur étudie d'abord la diffusion des métaux liquides, puis celle des métaux solides, en faisant remarquer que les premières notions de ces faits remontent très loin puisque la cémentation en est un exemple.

Propriétés des alliages de fer et de nickel, traduit de l'allemand par M. T. Castagnol.

Il s'agit d'études poursuivies sous les auspices de la Société d'Encouragement pour l'Industrie, de Berlin. Elles portent sur la détermination des coefficients de dilatation les essais à la traction, à la compression, au choc et au cisaillement d'un certain nombre d'alliages de fer et de nickel compris entre le fer pur et le nickel pur, et procédant graduellement comme composition.

Notes de mécanique.

Nous signalerons parmi ces objets décrits dans ces notes : le foyer à combustible pulvérisé de Ruhl, le moulin à vent de Miller, des renseignements sur la surchauffe, le basculeur-trieur de Berklay, les conclusions d'un travail de M. E. Ziffer sur l'application des moteurs mécaniques à la traction sur les tramways et le purgeur automatique de Smith pour cylindres de machines à vapeur.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Décembre 1896.

Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir (5me article), par M. H. Bazin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Cette partie étudie les déversoirs à seuil plus ou moins large, communément employés dans la pratique, tels que les barrages à poutrelles, les déversoirs à talus dans lesquels la crête est accompagnée à l'amont et à l'aval d'un plan incliné, etc. Elle commence par l'examen des barrages à poutrelles en distinguant deux cas : celui des nappes libres dont la surface reste en communication avec l'atmosphère et celui des nappes déprimées ou noyées en dessous.

L'auteur fait observer que l'emploi du déversoir à poutrelles, en apparence pratique et commode, peut, dans bien des cas, conduire à des erreurs graves par suite des influences auxquelles la nappe est soumise; l'emploi d'un coefficient pour passer du cas du déversoir en mince paroi à celui qui fait l'objet de la note devient, dans certains cas, très difficile à réaliser pratiquement. Un simple arrondissement d'un centimètre de rayon, produit sur l'arête par usure ou par toute autre cause, suffit pour modifier le débit d'une façon très appréciable. Le jaugeage par

déversoir à poutrelles est donc très incertain et peut souvent donner lieu à des erreurs très importantes.

La note est accompagnée d'un très grand nombre de tableaux numériques servant à faciliter le calcul des débits des déversoirs à poutrelles.

Voitures automobiles pour transports en commun. — Note sur les expériences faites dans le département de la Meuse, par M. Kuss, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ces expériences ont été faites à la demande du Conseil général de la Meuse sur un train fourni par la Société de chaudières et voitures à vapeur, système Scotte.

Ce train se composait d'une voiture automobile pesant 4 170 *kg* à vide, contenant une chaudière à vapeur verticale et une machine à deux cylindres et pouvant, en outre, recevoir huit personnes assises et six debout et d'une voiture attelée pesant 1 500 *kg* à vide avec 12 places assises et 12 debout sur deux plates-formes. Le train pouvait ainsi recevoir un nombre maximum de 38 voyageurs. Les approvisionnements de la machine comportent 600 *l* d'eau et 4 *hl* de coke.

L'objet des expériences était :

1° De faire des essais dans la plupart des cantons du département, de manière à permettre aux populations d'apprécier par elles-mêmes ce nouveau mode de transport en commun;

2° De mettre le train Scotte aux prises avec les difficultés qu'offrent des routes et des chemins tracés dans une région appartenant aux trois bassins de la Seine, de la Meuse et du Rhin et passant successivement de l'un des bassins dans l'autre, en franchissant les dernières ramifications du plateau de Langres et les crêtes de l'Argonne orientale.

Ces essais ont été effectués en juillet 1896. Ils ont fait reconnaître que la circulation avait lieu très régulièrement malgré les fortes déclivités rencontrées allant jusqu'à 11 0/0. La vitesse descendait à 5 ou 6 *km* aux montées et atteignait 18 à 20 dans les descentes et 15 à 16 en palier. La vitesse moyenne pour les 628 *km* effectués a été de 12 *km* à l'heure. La consommation de coke est ressortie à 4,9 *kg* par kilomètre et celle d'eau à 25 *l*. Ces chiffres pourraient peut-être être légèrement réduits en service courant.

Des essais spéciaux ont permis de constater que la machine, à condition d'être convenablement lestée, pouvait remorquer 15 *t* au moins sur route plate ou à faible déclivité et sur chaussée en bon état d'entretien.

Les essais dont il vient d'être question ont entraîné, pour le budget départemental, une dépense de 1 653 *f* dont 1 030 *f* pour location et transport du train.

Étude d'une disposition d'assemblage destinée à réduire à une valeur négligeable les efforts secondaires qui se produisent dans les treillis à attaches rigides, par M. Mesnager, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Dans les ponts à treillis, la rigidité des pièces et des assemblages qui les unissent détermine des efforts secondaires qui sont très loin d'être négligeables. Pour éviter que le métal ne soit soumis à des efforts très

supérieurs à ceux que le calcul à prévus, on est conduit ou à des difficultés presque insurmontables ou bien on se résigne à adopter de forts coefficients de sécurité.

L'auteur propose une nouvelle disposition pratique permettant d'arriver à ce résultat que les efforts agissant sur chaque pièce aient une résultante unique et que cette résultante ne puisse passer que par des points bien déterminés.

Nous ne pouvons qu'indiquer le principe de cette disposition, lequel consiste à joindre les deux pièces à assembler par deux lames métalliques à section rectangulaire et suffisamment minces pour n'offrir qu'une très faible résistance à la flexion transversale et cependant assez épaisses relativement à leur longueur pour supporter la compression sans flamber.

Cet assemblage s'applique aux attaches des diagonales sur les plates-bandes verticales et à celles des pièces de pont, ainsi qu'aux articulations à la clef des ponts en arc; dans ce dernier cas, l'emploi de deux lames dans des plans différents est nécessaire parce que la résultante doit avoir des directions variables.

Note sur le **cylindrage à vapeur**, par M. E. Lorieux, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Dans une note insérée dans un numéro précédent des *Annales des Ponts et Chaussées* (voir comptes rendus de décembre 1896 page, 776) M. Pierret, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Clermont, a exposé les raisons qui lui faisaient conclure, pour le cylindrage à vapeur des chaussées, en faveur de la régie, c'est-à-dire de l'emploi d'appareils appartenant à l'Administration.

L'auteur a trouvé, d'après les travaux exécutés dans le département de la Vendée, que le cylindrage à l'entreprise peut être aussi avantageux que celui exécuté en régie, et il le sera beaucoup plus toutes les fois que l'Administration n'est pas en mesure d'utiliser ses cylindres d'une manière à peu près continue toute l'année, parce que l'intérêt et l'amortissement sont d'autant plus élevés par tonne kilométrique, que le travail fait dans l'année par l'appareil est plus faible.

Un autre avantage de l'entreprise est de décharger entièrement la responsabilité de l'Administration en cas d'accident, ce qui n'est pas sans importance.

ANNALES DES MINES

12me livraison de 1896.

Discours prononcé à l'occasion de la mort de M. Henry Resal, Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut, par M. Maurice Lévy, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Membre de l'Institut.

Bulletin des **accidents d'appareils à vapeur** survenus pendant l'année 1895.

Il s'est produit, en 1895, 36 accidents ayant amené la mort de 38 personnes et ayant causé des blessures à 30 autres, soit un total de 74 victimes.

Si on divise ces accidents par nature d'appareils, on constate que 14 ont eu lieu sur des chaudières chauffées en tout ou en partie à l'extérieur et 9 à des récipients.

Au point de vue des causes présumées des accidents, on trouve que 8 de ceux-ci peuvent être attribués à des conditions défectueuses d'établissement, 23 à des conditions défectueuses d'entretien, 6 à un mauvais emploi des appareils et 1 à des causes non précisées; le total s'élève à 41 pour 36 accidents, parce que, dans un certain nombre de cas, l'accident est porté comme dû à la coexistence de plusieurs causes.

Note sur les **dégagements instantanés de grisou**, par M. F. Delafond, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note présente un résumé des faits observés dans les dégagements instantanés de grisou d'après un important mémoire publié en 1895 par M. Roberti-Lintermans, dans les *Annales des Travaux Publics de Belgique* et d'après divers autres travaux et signale les moyens propres à éviter les accidents indiqués par le premier de ces auteurs ainsi que les moyens propres à préserver les ouvriers contre les conséquences des dégagements instantanés.

On peut, à ce dernier point de vue, recommander l'emploi de l'air comprimé et celui de refuges à portes fermant assez hermétiquement comme susceptibles de rendre de grands services pour la sécurité des ouvriers.

1re livraison de 1897.

Étude sur la **composition du grisou**, par M. Th. Schlœsing fils, Ingénieur des Manufactures de l'Etat.

Le mémoire étudie successivement : 1° la composition de la partie combustible du grisou et 2° l'azote et l'argon dans le grisou. Il conclut de cet examen que :

1° Dans le plus grand nombre des cas, on a trouvé que la partie combustible du grisou consistait en méthane. Elle comprend pourtant quelquefois un peu de carbure étranger, par exemple de 2 à 4 0/0 d'éthane.

2° On a toujours rencontré de l'argon dans le grisou. L'origine de cet argon et de la plus grande partie, sinon de la totalité de l'azote, doit être sans doute placée en dehors des matériaux de la houillère. Quoi qu'il en soit des hypothèses indiquées pour expliquer la présence de ces corps et leur proportions relative, il reste, quant à ces deux gaz, des faits bien établis quant à leur existence. Le mémoire donne les résultats des recherches faites à ce sujet.

Note sur la **mine aux mineurs de Rive-de-Gier** (Loire) par M. de Billy, Ingénieur des Mines.

L'objet de cette note est de rappeler l'origine de la mine aux mineurs

et les circonstances qui ont amené en 1886 l'abandon par la Société des Houillères de Rive-de-Gier de certaines concessions au Syndicat des mineurs de Rive-de-Gier et d'exposer la marche de l'entreprise ainsi formée.

Le résultat a été que jusqu'à la fin de 1895, malgré les subventions reçues du dehors, l'exploitation s'est traduite par un déficit de 12 000 *f*.

Les fautes de tout ordre, conclut M. de Billy, et, en particulier, les dissensions intestines, ont amené la ruine d'une entreprise qui, entre d'autres mains, eût assurément réussi.

Commission des substances explosives. — Rapport sur les **expériences de Blanzy.**

Ces expériences ont été effectuées le 21 décembre 1896; elles sont au nombre de trois. La première concerne le type de dynamitière souterraine en communication avec les travaux; elle avait pour but de s'assurer s'il était possible de réaliser avec les matériaux usuels une obturation suffisante pour transformer d'une façon absolue les effets de l'explosion et les réduire à des fuites gazeuses relativement peu redoutables.

Les deux autres expériences concernent les dynamitières superficielles. Il ne semble pas, tout au moins pour ce second cas, qu'on soit arrivé à des résultats bien précis, car la Commission conclut qu'aucune règle générale ne saurait être formulée au sujet des dispositions à adopter et que, dans chaque cas particulier, l'atténuation des effets extérieurs devra être fixée d'après l'examen des dispositions locales.

Notice nécrologique sur Aimé Blavier, ancien Ingénieur au corps des Mines, sénateur, par M. Lorieux, Inspecteur général des Mines.

Note sur la **séparation des charbons pulvérulents** par l'action d'un courant d'air, par M. Parent, Ingénieur des fabrications de la Compagnie d'Anzin.

On a cherché, d'abord en Allemagne, à entrainer les poussières des houilles avant le lavage par un courant d'air; on l'a fait également à Anzin.

La note décrit successivement les appareils employés à la mine Rheinpreussen, à la mine Zollverein et aux puits Saint-Louis et Lagrange de la Compagnie d'Anzin.

L'appareil installé au puits Lagrange traite par heure 11 800 *kg* de charbons fins, ou sépare 840 *kg* de pulvérulent sec, en consommant 936 m^3 d'air à 44 *mm* d'eau de pression. En 1893, on perdait 2,97 de charbon par unité de cendres gagnées; avec l'emploi de l'air, on ne perd plus que 2,15. Ces résultats doivent être considérés comme favorables et la Compagnie d'Anzin se propose d'étendre l'emploi de ce système.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Février 1897.

District de Saint-Étienne.

Séance du 6 février 1897.

Communication de M. Botton sur un **appareil d'enclenchement automatique** pour portes de mines conjuguées, système Garaud.

Ce système a l'avantage de n'apporter aucune entrave à la circulation; les portes se manœuvrent absolument comme deux portes ordinaires placées l'une à la suite de l'autre, mais leur ouverture simultanée est impossible.

Le principe sur lequel repose le système consiste à faire dépendre l'ouverture d'une porte de la pénétration d'une tige, solidaire avec elle, dans l'échancrure d'un disque actionné par la porte conjuguée. Ce système est en usage depuis plusieurs mois dans les diverses exploitations de la Compagnie de Roche-la-Molière et Firminy et son fonctionnement a été trouvé satisfaisant. Le prix d'un appareil complet est de 35 *f*, non compris la pose.

Communication de M. Mayençon sur l'**électrolyse des corps solides insolubles.**

L'auteur donne des détails sur l'application de cette méthode décrite précédemment (voir comptes rendus de Mars 1896, page 380) à un certain nombre de corps, entre autres l'arsenic; on peut constater l'existence de cette matière plus commodément et plus sûrement qu'avec l'appareil de Marsh; on peut trouver des traces, pour ainsi dire, infinitésimales de matière.

Compte rendu par M. Maurice d'un article publié dans le *Stahl und Eisen* et intitulé : **Analyse du soufre dans les fers** et les composés sulfurés au moyen de l'acétate de cadmium et du sulfate de cuivre.

Détermination de l'acide carbonique dans l'air (Extrait de l'*Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris).*

Cette méthode, due à M. Henriet, repose sur le fait suivant, connu d'ailleurs. Si on ajoute de l'acide sulfurique à une solution de carbonate de potasse neutre colorée en rouge par une goutte de phénol-phtaléine, la coloration disparait au moment où la moitié de l'acide carbonique du carbonate s'est fixée sur le carbonate non décomposé. L'acide étant titré, le volume posé correspond à la moitié de l'acide carbonique des carbonates neutres. Si donc on absorbe par de la potasse l'acide carbonique contenu dans un volume d'air connu, il suffira de titrer un égal

volume de la liqueur de potasse employée pour que la différence des lectures multipliés par 2 corresponde exactement à l'acide carbonique retenu.

Ce procédé est d'une grande facilité d'exécution et donne des résultats très précis. Dans trois expériences de vérification, on a trouvé, en opérant sur des mélanges d'air et d'acide carbonique dans des proportions connues, des erreurs de 1/80, de 1/185 et enfin de 1/2 800. Ces erreurs sont d'autant plus faibles qu'on opérait sur des quantités minimes d'acide carbonique, de 2 1/2 à 5 cm^3 noyés dans près de 6 *l* d'air, soit moins d'un millième.

Production houillère du Pas-de-Calais et du Nord en 1895 et 1896.

Le premier de ces bassins a fourni en 1896 11 870 517 *t*, soit 773 229 de plus qu'en 1895 et le second 5 226 754 *t* en augmentation de 166 883 *t* sur 1895. La production totale est donc de 17 097 271 *t* avec une différence en plus de 940 112 par rapport à l'année précédente.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 10. — *6 mars 1897.*

Les machines à vapeur à l'Exposition nationale suisse de Genève 1896, par J.-F. Hey.

La régularisation de l'embouchure de la Vistule, par Albert Rudolph *(suite).*

Introduction de la traction électrique sur le tramway central de Hambourg-Altona, par Franz Wilking.

Groupe de Breslau. — Transport maritime du pétrole.

Groupe de Saxe. — Calcul et construction des grandes cheminées.

N° 11. — *13 mars 1897.*

Distribution d'eau de la ville de Calbe-sur-Saale, par P. Möller.

La régularisation de l'embouchure de la Vistule, par Albert Rudolph *(suite).*

Les marines militaires d'aujourd'hui, par Neudeck *(suite).*

N° 12. — *20 mars 1897.*

Machines motrices et machines outils à l'Exposition bavaroise à Nüremberg, 1896, par A. Hering *(suite).*

Appareils de minoterie et moulins-modèles à l'Exposition du Millénaire à Budapest, 1896, par J. A. Gerwen *(suite).*

Nouveautés dans les questions de chauffage et de ventilation, par Hermann Fischer *(fin).*

Elévation d'eau à moteur électrique.
Arcs avec poussée horizontale équilibrée, par L. Gensen.

Groupe de Berlin. — Nouveau plan d'études de l'école technique supérieure de Charlottenburg. — L'éclairage des côtes allemandes.

Bibliographie. — La trempe de l'acier aux points de vue théorique et pratique, par Fridolin Reiser. — Tissage mécanique, par G. R. Lembcke.

N° 13. -- *27 mars 1897.*

Les moteurs à explosion à l'Exposition de Budapest en 1896, par Freytag.
Machines motrices et machines outils à l'Exposition bavaroise à Nüremberg en 1896, par A. Hering *(fin).*
La régularisation de l'embouchure de la Vistule, par Albert Rudoph *(suite).*
Appareils de minoterie et moulins-modèles à l'Exposition du Millenaire à Budapest, 1896, par I. A. Gerwen *(suite).*
Les marines militaires d'aujourd'hui, par Neudeck *(suite).*

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

PAR

M. A. BRULL

COURS D'EXPLOITATION DES MINES

PAR

M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES,
MEMBRE DE L'INSTITUT,
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES.

avec la collaboration de

M. Maxime PELLÉ

INGÉNIEUR AU CORPS DES MINES

Deuxième Édition. — Tome premier.

Le premier volume de la 2me édition du cours d'exploitation des mines par M. Haton de la Goupillière a paru récemment à la librairie Dunod et Vicq.

La première édition de ce cours, publiée en 1883, est rapidement devenue classique. La méthode rationnelle adoptée, l'abondance des documents présentés, la clarté apportée par le maître dans la rédaction, expliquent le succès de cet important ouvrage.

Dans ces treize dernières années, bien des progrès ont été réalisés dans l'art du mineur, tant en France qu'à l'étranger. C'est pour tenir son livre au courant de ces progrès que l'éminent auteur, avec la collaboration de M. Maxime Pellé, Ingénieur au corps des mines, a entrepris une seconde édition, qui comporte, par rapport à la première, quelques modifications heureuses et, surtout, de nombreuses additions.

C'est ainsi qu'on trouve, dans la première partie du volume, des renseignements intéressants sur l'application du sondage à l'exploitation du pétrole au Caucase, en Pennsylvanie et en Galicie et à celle du gaz naturel dans ces deux dernières régions.

La deuxième partie traite de l'abatage. On y remarque un exposé précis des propriétés des explosifs, suivi d'une étude très nourrie de la composition d'une grande variété de mélanges employés au sautage des roches et à l'abatage des minerais. Ceux destinés aux mines grisouteuses sont particulièrement traités et la sécurité qu'on peut espérer de leur emploi est discutée d'après les travaux de la Commission du grisou dont M. Haton est le président.

Dans cette même partie, un important chapitre est consacré à l'abatage mécanique. On y lira avec intérêt la description des divers types de perforatrices rotatives et percutantes et des systèmes variés de haveuses,

de bosseyeuses et de machines à tunnels, actionnées par l'air comprimé ou par l'électricité, ainsi que le mode de fonctionnement de ces appareils et les résultats économiques de leur emploi. Ces résultats sont, dans leur ensemble, favorables : l'avancement est deux ou trois fois plus rapide que par le travail à la main et si, pour des terrains tendres on a souvent enregistré des prix de revient plus élevés avec l'abatage mécanique, on a, au contraire, réalisé, dans les roches dures, de notables économies par rapport aux moyens ordinaires de travail. Aussi l'emploi de ces méthodes se répand-il rapidement dans les travaux de quelque importance.

La troisième partie est consacrée aux puits et aux galeries. L'étude du soutènement a été augmentée d'un chapitre sur le blindage métallique des puits, des galeries et des tailles. A propos du percement des tunnels, on lira avec intérêt la description sommaire des moyens qui ont permis de traverser l'Arlberg en quatre ans, alors qu'il avait fallu huit ans pour le Saint-Gothard et quatorze ans pour le Mont-Cenis. Parmi les méthodes de fonçage des puits à travers les terrains aquifères, le plus récent et le plus curieux est le procédé Pœtsch par la congélation des terrains. Ce procédé est couramment employé maintenant dans le Nord et le Pas-de-Calais, où les puits ont à traverser de puissants niveaux. Dans un chapitre spécial, cette ingénieuse méthode est étudiée complètement.

La quatrième partie traite des différentes méthodes d'exploitation des mines et des carrières. C'est là un sujet important dont l'intérêt est trop souvent méconnu. « La hâte de réaliser de faciles bénéfices, l'inadvertance des premières dispositions, peuvent léguer aux générations futures l'incendie, l'inondation, la perte totale d'une partie du gisement. Il convient d'*exploiter en bon père de famille*. L'intérêt bien entendu des compagnies, celui de la fortune publique y sont également engagés. » Voilà de sages paroles, et ces enseignements, qui sont depuis longtemps répandus en France, ont certes porté leurs fruits : on reconnait volontiers dans divers pays que les Ingénieurs français apportent généralement à l'aménagement des richesses minérales une conscience scrupuleuse et un souci de l'avenir qui contribuent puissamment à la prospérité durable des entreprises qui leur sont confiées.

Pour organiser une mine, il faut d'abord en établir l'aménagement général; c'est la période d'installation. Avant l'achèvement de cette période, l'exploitation commence d'après un plan général, combiné à l'avance, qui constitue la méthode d'exploitation et qui doit être, autant que possible, suivi dans ses lignes principales jusqu'à l'épuisement du gisement.

La première des questions relatives à l'aménagement général est la détermination du nombre des points d'accès au gisement. Un seul puits ne donne pas une sécurité suffisante; la prudence veut et la loi exige dans plusieurs pays un minimun de deux puits. L'air pénètre par l'un de ces puits et sort par l'autre. Si le gisement est étendu et si les fonçages ne sont pas exceptionnellement difficiles et coûteux, on multipliera les puits. On en creusera moins s'ils doivent avoir une grande profondeur. Après le nombre des puits, vient le choix de leur emplace-

ment, ensuite la division du gisement en étages et leur ordre d'exploitation, enfin la subdivision des étages en tranches.

Les méthodes d'exploitation sont simples et d'un choix fort aisé quand le gisement remplit certaines conditions, comme par exemple, la plupart des couches de houille de l'Angleterre et de la Westphalie : une puissance restreinte de 1 à 3 *m*, une inclinaison modérée, un toit et un mur bien réglés, nettement détachés du combustible, sans cependant exposer au glissement, un charbon assez résistant, peu grisouteux et non sujet à inflammation spontanée.

Elles deviennent plus difficiles lorsque ces conditions, comme il arrive souvent en France, font défaut en tout ou en partie. Il faut alors une organisation intelligente pour assurer à la fois la sûreté du personnel, l'économie du prix de revient et l'utilisation du gisement.

Les limites étroites de cette note ne nous permettent pas de citer les très nombreuses méthodes étudiées dans le « Cours ». Nous nous bornerons à dire qu'elles s'appliquent, soit à l'exploitation à ciel ouvert, soit à l'exploitation souterraine, que ces dernières méthodes sont partagées en trois catégories suivant qu'elles reposent sur les principes de l'abandon, du foudroyage ou du remblayage et que des descriptions sommaires, mais toujours claires et précises, montrent l'application de ces diverses méthodes à de nombreuses mines de tous pays et de tous genres de substances minérales. Il y a dans cette partie du livre une précieuse collection de faits qui représente un immense travail de recherches.

La cinquième et dernière partie du premier volume, intitulée « Roulage », comprend une étude méthodique et complète de tous les procédés de transport usités dans les mines, depuis le portage à dos qu'on peut voir encore dans les soufrières de Sicile et dans les mines d'étain de Malacca, jusqu'aux locomotives à vapeur sans foyer, aux locomotives électriques, aux chemins de fer aériens, au telphérage, à la chaine flottante, aux plans inclinés automoteurs à régulateurs aériens ou hydrauliques.

La force motrice est traitée dans le dernier chapitre. L'électricité dont les applications aux travaux des mines sont aujourd'hui si nombreuses et si variées, occupe une bonne place dans ce chapitre.

Comme dans un cours tous les sujets sont naturellement condensés, les lecteurs qui voudront suivre les développements de quelque question spéciale apprécieront fort les nombreuses indications bibliographiques données en bas de page, qui leur permettront de se reporter aux sources.

De nombreuses figures, réparties dans le texte, permettent de suivre les explications sans effort et l'exécution soignée du livre est digne, en tous points, de la maison qui l'a édité.

Le Cours d'exploitation rendra de précieux services dans notre bibliothèque. Il sera lu avec fruit par ceux qui étudient et par ceux qui pratiquent l'art des mines.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 7128-4-97. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1897

N° 4.

Sommaire des séances du mois d'avril 1897 :

9° *Chemin de fer du Sénégal au Niger*, par M. le capitaine Calmel (Bulletin de mars 1897); lettre de M. A.-J. Boyer (Séance du 2 avril), page 379;

10° *Ozone* (La production et les applications industrielles de l') (Séance du 2 avril), page 379;

11° *Chaudières marines* (Les), par M. L. de Chasseloup-Laubat (Séance du 2 avril), page 380;

12° *Hydrologie de la région méridionale du Sahara Algérien (Résultats des voyages de M. F. Foureau au point de vue de la géologie et de l')*, par M. J. Bergeron (Bulletin de janvier 1897) lettres de MM. H. Bernard et G. Rolland, Ingénieur en chef des Mines (Séance du 23 avril), pages 383 et 384;

13° *Décorations* (Séance du 23 avril), page 387;

14° *Nomination de M. A. Cottrau comme Président de la Commission chargée d'organiser le concours officiel de l'Italie à l'Exposition Universelle de 1900 à Paris* (Séance du 23 avril), page 387;

15° *Élection d'un membre du Comité en remplacement de M. E.-C. Levassor, décédé* (avis de l') (Séance du 23 avril), page 387;

16° *Don de 64 f, fait par M. A.-R. Grosdidier* (Séance du 23 avril), page 387;

17° *Ecluse de Nufsdorf, près Vienne* (Lettre de M. le chevalier Th. de Goldschmidt) (Séance du 23 avril), page 387;

18° *Exposition internationale d'électricité à Turin en 1898. Lettre de M. D. Federman* (Séance du 23 avril), page 388;

19° *Procédés de forgeage dans l'industrie.— Analyse de l'ouvrage de M. Codron*, par M. A. Lavezzari (Séance du 23 avril), page 388;

20 *Congrès des Sables-d'Olonne* (Compte rendu du), par M. E. Cacheux (Séance du 23 avril), page 389;

21° *Efforts réellement transmis à la manivelle dans les machines en tenant compte des forces d'inertie* (Les) par M. Ch. Compère (Séance du 23 avril), page 391;

Mémoires contenus dans le Bulletin d'avril 1897 :

22° *Pénétration française au Soudan* (du Sénégal au Dahomey), par M. le lieutenant de vaisseau Hourst, page 394;

23° *Efforts réellement transmis au tourillon de manivelle en tenant compte des forces d'inertie*, par M. Ch. Compère, page 414;

24° *Les chaudières marines*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 437;

25° *Chronique* n° 208, par M. A. Mallet, page 566;

26° *Comptes rendus*, — page 578;

27° *Planches* n°s 187 à 190.

Pendant le mois d'avril 1897, la Société a reçu :

36549 — De MM. Hachette et Cie. *L'année scientifique et industrielle, fondée par Louis Figuier.* Quarantième année, 1896, par Émile Gautier (in-16 de 531 p. avec 75 fig.). Paris, Hachette et Cie, 1897.

36550 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les gaz de l'atmosphère, par H. Henriet* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire, publiée sous la direction de M. Léauté) (petit in-8° de 192 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1897.

36551 — Du Ministère du Commerce. *Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle de 1900. Plan général* (une feuille de 100 × 130.

36552 — De M. J. Brik. *Die Knickfestigkeit in Theorie Versuch und Praxis von Friedrich von Emperger* (in-4° de 13 p.). Wien.

36553 — De M. G.-L. Pesce (M. de la S.). *Lettre ouverte adressée à ses Collègues de la Société des Ingénieurs Civils de France, par G.-L. Pesce* (in-8° de 16 p.). Paris, Paul Dupont, 1896.

36554 — De M. C. de Perrodil (M. de la S.). *Le carbure de calcium et l'acétylène. Les fours électriques, par C. de Perrodil. Préface de M. Henri Moissan* (in-16 de 322 p.). Paris, P. Vicq, Dunod et Cie, 1897.

36555 — De la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. *Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. Annuaire des Sociétaires au 20 février 1897.* Paris, Imprimerie Chaix, 1897.

36556 — *Deuxième supplément au dictionnaire de chimie pure et appliquée de Ad. Wurtz, publié sous la direction de M. Ch. Friedel. Fascicules 28, 29 et 30.* Paris, Hachette et Cie.

36557 — De M. Jules Gaudard. *Application du système cantilever aux halles métalliques. Halle des machines de l'Exposition suisse en 1896, par Jules Gaudard* (Extrait du Journal Le Génie Civil) (in-8° de 28 p.) Paris, Le *Génie Civil*, 1897.

36558 — De MM. les Dr. A. C. Crehore and Dr. G. O. Squier. *An alternating current range and position finder. An account of experiments at the United States Artillery School Fort Monroe Va. by Dr. A. C. Crehore and Dr. G. O. Squier* (Reprinted from the Journal of the United States Artillery, Vol. VII. N° 1) (grand in-8° de 20 p. avec 11 fig.). Fort Monroe, Virginia, 1897.

36559 — *La Grande Encyclopédie. Inventaire raisonné des sciences, des lettres et des Arts, par une Société de savants et de gens de lettres. Tome vingt-deuxième. Lemot-Manzoni.* Paris, H. Lamirault.

36560 — Du Field Columbian Museum. *Field Columbian Museum. Publication 14. Report Series Vol. I. N° 2. Annual Report of the Director to the Board of Trustees for the year 1895-96.* Chicago, 1896.

36561 — De la Società degli Ingegneri e degli Architetti. *Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. Anno XXX. 1896. N° 36 della Serie completa degli Arti.* Torino, 1896.

36562 — Du Comité de Conservation des Monuments de l'Art arabe. *mité de Conservation des Monuments de l'Art arabe. Exe 1895. Fascicule douzième. Procès-verbaux des séances. Rap de la deuxième Commission.* Le Caire, 1896.

36563 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Perfectionnements apportés à dicateur de Watt, par A. Mallet* (Extrait des comptes rendus séances de l'Académie des Sciences, 5 juin 1876) (une fe de 2 p. petit in-4°). Paris, Gauthier-Villars et fils.

36564 — De l'Association normande pour prévenir les accidents du vail. *Bulletin de l'Association normande pour prévenir les dents du travail. Année 1895.* Rouen, Siège de la Société,

36565 — De M. N. Th. Michaëlis (M. de la S.). *Spoorwegbruggen ov Hoofdrivieren, door N. Th. Michaëlis.* Tweede Afdeling (de 92 p. avec 7 pl.). S'Gravenhage.

36566 — De M. L. Rey (M. de la S.). *Coussinet à serrage automatiq Ch. Chenu et Cie* (petit in-8° de 12 p. avec 2 pl.). F Ve Éthiou-Pérou, 1895.

36567 — De M. G.-L. Pesce (M. de la S.). *Art naval. La navigation marine, par G.-L. Pesce* (pages 35 à 40 de la Revue Sci fique du 11 juillet 1896). Paris, Bureau des Deux-Re 1896.

36568 — Dito. *Au Pôle Nord en bateau sous-marin, par G.-L. Pesce* (361 à 365 de la Revue Scientifique du 19 septembre 1 Paris, Bureau des Deux-Revues, 1896.

36569 — Dito. *Navigation aérienne et ascension des montagnes. Essai nouvelle solution, par G.-L. Pesce* (pages 217 à 226 de la R des Revues du 1er février 1897). Paris, Bureau de la Re 1897.

36570 — Du Musée social. *Le Musée social. Statuts. Organisation. Ser 1897* (in-18 de 96 p.). Paris, Firmin-Didot et Cie, 1897.

36571 — De M. L. Simon (M. de la S.). *Ministère des Travaux pu Division de la navigation. 3e Bureau. Instructions pour le ment des usines sur cours d'eau. Circulaire n° 14* (petit in- 20 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1851.

36572 — Dito. *Ministère des Travaux publics. Direction des routes et navigation. Division de la navigation. 3e Bureau. Cours navigables ou flottables. Modèle de règlement d'eau. Circ n° 24* (petit in-4° de 7 p.). Versailles, 1878.

36573 — Dito. *Ministère des Travaux publics. Cours d'eau navigab flottables. Modèle de règlement d'usine* (petit in-4° de 8 p.). Imprimerie nationale, 1878.

36574 — Dito. *Ministère des Travaux publics. Direction des routes et navigation. Service hydraulique. Cours d'eau non naviga flottables. Règlement d'eau. Clause relative au repère. Circ n° 9* (petit in-4° de 3 p.). Paris, 1879.

36575 — Dito. *Ministère de l'Agriculture. Direction de l'hydraulique agricole. Cours d'eau non navigables, ni flottables. Instructions pour le règlement des usines et prises d'eau* (petit in-4° de 10 p.). Paris, 1894.

36576 — Dito. *Ministère de l'Agriculture. Modèles n°s 1 à 6 annexés à la circulaire du 26 décembre 1884. Règlement d'eau* (in-4° de 26 p.). 1884.

36577 — Du Ministère de l'Instruction publique. *Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne en 1897. Ordre du jour des séances. Section d'histoire et de philologie. Communications* (petit in-4° de 37 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1897.

36578 — De M. A. Brüll (M. de la S.). *Huitième Congrès international d'hygiène et de démographie tenu à Budapest du 1er au 9 septembre 1894. Comptes rendus et mémoires publiés par le Dr Sigismond de Gerloczy. Tomes I à VIII.* (8 volumes grand in-8°.). Budapest. 1895 et 1896.

36579 — De Canadian Society of Civil Engineers. *The Canadian Society of Civil Engineers. Charters, By-Laws and List of Members. 1897* (in-8° de 49 p.). Montréal.

36580 — *Guide-annuaire général des industries, gaz, eaux, électricité. Édité par le journal : Revue, Gaz et Électricité.* Troisième année, 1897 (in-8° de 635 p.). Paris, E. Dubuisson, 1897.

36581 — De M. G. Steinheil (M. de la S.). *Le four électrique par Henri Moissan* (grand in-8° de 385 p. avec 41 fig. dans le texte). Paris, G. Steinheil, 1897.

36582 — De M. Râoul Gautier. *Rapport sur le concours de réglage de chronomètres de l'année 1896, présenté à la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève le 15 mars 1897, par le professeur Râoul Gautier*, (in-8° de 19 p.).

36583 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer. Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1895. Documents principaux.* Paris, Imprimerie nationale, 1896.

36584 — De l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège. *Liste des Membres de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège. Année 1896-1897.* Liège 1897.

36585 — De Svenska Teknologforeningens. *Förteckning öfver Svenska Teknologforeningens Ledamöter, Mars 1897.* Stockholm, 1897.

36586 — De l'Engineering Association of New South Wales. *Minutes of Proceedings of the Engineering Association of New South Wales. Vol. IX, 1893-94.* Sydney, 1894.

36587 — De MM. P. Vicq-Dunod et Cie, éditeurs (M. de la S.). *Bibliothèque du Conducteur de travaux publics. Chemins de fer. Locomotive et matériel roulant, par Maurice Demoulin* (in-16 de 402 p. avec 215 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36588 — De l'École nationale des Ponts et Chaussées. *Catalogue des livres composant la Bibliothèque de l'École Nationale des Ponts et Chaussées. Nouvelle édition. Tomes I et II* (2 vol. in-8° de 341 p. et de 608 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

36589 — De M. E. Lippmann (M. de la S.) de la part de M. G. Rolland. *La France en Afrique, le Transsaharien, par MM. le général Philebert et Georges Rolland* (in-8° de 96 p. avec 1 carte.). Paris, A. Challamel, 1890.

36590 — Dito. *Les chemins de fer de pénétration, par A. Fock* (Extrait du journal Le Génie Civil (in-8° de 12 p.). Paris, Génie Civil, 1891.

36591 — Dito. *Le Transsaharien un an après, par Georges Rolland* (in-8 de 131 p. avec 1 carte.). Paris, Challamel, 1891.

36592 — Dito. *Algérie, Sahara, Tchad. Réponse à M. Camille Sabatier, par A. Fock, avec une introduction de M. Georges Rolland et des lettres de MM. le colonel de Polignac et le capitaine Bernard* (in-8° de 75 p. avec 1 carte). Paris, A. Challamel, 1891.

36593 — Dito. *La conquête économique du Soudan central, par le Transsaharien, vers le Tchad (Projet Rolland). Conférence faite le 10 décembre 1891 à la Société des études coloniales et maritimes, par A. Fock* (grand in-8° de 29 p.). Paris, Siège de la Société.

36594 — Dito. *La France au Sahara. Réponse à M. Schirmer, par A. Fock* (pages 653 à 665 de la Revue générale des sciences pures et appliquées, 4e année, n° 20, 30 octobre 1893). Paris, G. Carré, 1893.

36595 — Dito. *Chemin de fer de Biskra à Ouargla (Projet Rolland). Recueil de documents concernant l'instruction du projet en vue de la déclaration d'utilité publique* (in-8° de 112 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1895.

36596 — De Massachusetts Institute of Technology. *Massachusetts Institute of Technology. Boston. Annual Catalogue 1896-1897.* Cambridge. 1897.

36597 — Dito. *Massachusetts Institute of Technology Boston. Annual Report of the President and Treasurer, December 9, 1896.* Cambridge, 1897.

36598 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXVII, 1896-97. Part. I.* London 1897.

36599 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Transformateurs de tension à courants alternatifs, par F. Loppé* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire, publiée sous la direction de M. Léauté) (petit in-8° de 266 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1897.

36600 — De l'Institut des Actuaires français. *Institut des actuaires français. Statuts. Règlement et Programme* (in-8° de 24 p.). Paris, L. Warnier, 1897.

36601 — De l'Office du Travail. *Bulletin du Conseil supérieur de statistique n° 5. Session de 1894* (grand in-8° de 155 p.). République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction de l'Office du Travail. Statistique générale de la France). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

36602 — Dito. *Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1896* (République française, Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du travail). Paris, Imprimerie nationale, 1897.

36603 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Congrès international des pêcheries maritimes, d'ostréiculture et d'aquiculture marine organisé par la ville des Sables-d'Olonne du 3 au 7 septembre 1896. Comptes rendus des séances, par Amédée Odin et Marcel Baudouin* (in-8° de 382 p.). Paris, Institut international de bibliographie scientifique, 1896.

36604 — Dito. *Société de secours mutuels des marins et ouvriers maritimes de Trouville-Deauville. Compte rendu des opérations de l'année 1896* (une feuille petit in-4°). Trouville, Imprimerie Valtier, 1897.

36605 — Dito. *Société d'assistance mutuelle des propriétaires de bateaux et d'engins de pêche du quartier de Trouville. Compte rendu des opérations de l'exercice 1896* (une feuille petit in-4°). Trouville, Imprimerie Valtier, 1896.

36606 — Dito. — *Projet de création d'une école municipale d'enseignement technique et professionnel de pêches maritimes aux Sables-d'Olonne. Mémoire présenté au Conseil municipal de cette ville dans sa session de mai 1895, par Amédée Odin* (in-8° de 16 p.). Les Sables-d'Olonne, Imprimerie Roche-Jourdain, 1895.

36607 — Dito. *École municipale d'enseignement technique et professionnel des pêches maritimes des Sables-d'Olonne. Rapport au Conseil municipal présenté à la session de février 1896, par Amédée Odin* (in-8° de 12 p.). Les Sables-d'Olonne, imprimerie Roche-Jourdain, 1896.

36608 — Dito. *L'École municipale pour l'enseignement technique et professionnel des pêches maritimes des Sables-d'Olonne et son fonctionnement en 1896. Rapport adressé au Conseil municipal de cette ville par Amédée Odin* (in-8° de 24 p.). Les Sables-d'Olonne, Imprimerie Roche-Jourdain, 1896.

36609 — Dito. *Exposition internationale de pêche à Bergen, Norwège, 1898. Organisation. Dispositions générales et Programme* (in-8° de 13 p. avec 1 pl.). Bergen, 1896.

36610 — Dito. *Bulletin de l'enseignement professionnel et technique des pêches maritimes. Nos 1 à 4* (4 broch. in-8°). Paris, Siège social, 1896.

36611 — Dito. *Revue du Sauvetage en France et à l'Etranger, Nos 21 à 25* (5 broch. in-8°). Paris, Siège social, 1895 et 1896.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1897, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

P.-A.-R. Benac,	présenté par MM.	Mamy, Périssé, Simon.
G. Blum,	—	Pillet, Polonceau, Pontzen.
A.-E.-A. Bretel,	—	Cavallier, Dibos, Frémont.
Ch.-H. Cailliatte,	—	Bougault, Lamaizière, Mesnard.
V. Champigneul,	—	Badois, Lavezzari, Chardon.
J.-H. Chaussenot,	—	Delaunay-Belleville, Liébaut, Vernes.
H.-A. Chincholle,	—	Lippmann, Guérin, Lippmann fils.
J.-J.-L. Clément,	—	Grosseteste, Pierron, Schlumberger.
L.-P.-F.-A. Commandeur,	—	J. Allard, J. Coignet, Cornier.
L.-A.-V. Delafosse,	—	Lippmann, Guérin, Lippmann fils.
L.-A.-E. Dumoulin,	—	Delmas, Fischer, Gandillot.
L. Gilbert,	—	Lippmann, Baignères, Lavezzari.
J. Grosselin,	—	Bougault, P. Grosselin, Jacquin.
A.-G.-J. Guerbigny,	—	Lippmann, Dumont, G. Guerbigny
de Kerpely,	—	Lippmann, Duthu, de Nansouty.
H.-J. Kindberg,	—	Adour, Marsaux, G. Petit.
J.-J. Loubat,	—	Lippmann, Auriol, Jolibois.
E.-G. Lussy,	—	Lippmann, Mallet, de Dax.
J. Mauroy,	—	Comte, Goumet, Thirion.
L. Mosès,	—	Lippmann, Lippmann fils, Neveu.
L.-J.-A.-M. Otto,	—	Bert, Canet, M. Otto.
L. Perdu,	—	Lippmann, Badois, Jannettaz.
E.-L. Restout,	—	Comte, Goumet, Thirion.
M.-F.-P.-A. Sacquin,	—	Lippmann, Badois, Dumont.
E.-G. Schwarberg,	—	Delaunay-Belleville, Liébaut, Vernes.
Ch.-E.-L. Sinson Saint-Albin,	—	Lippmann, Badois, G. Dumont.
L.-A.-J.-B. Thuillier,	—	Lippmann, Buquet, Imber.

Comme Membres associés, MM. :

L.-M. Boileau,	présenté par MM.	de Banville, Escande, Lescasse.
A.-F. Cothias,	—	Bert, Dumont, Evrard.
P. Dupray,	—	Lippmann, de Dax, Farjas.
V.-E.-J. Durafort,	—	Carrot, Gauthier-Lathuille, Josse.
E. Peigné,	—	Dumont, Baignères, Jousselin.

RÉSUMÉ
DES
PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES
DU MOIS D'AVRIL 1897

PROCÈS-VERBAL
DE LA
SÉANCE DU 2 AVRIL 1897

PRÉSIDENCE DE M. ED. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. A. DE BRUIGNAC demande à présenter une observation à l'occasion du récent envoi du *Bulletin* de février, et au sujet d'une communication qui y est insérée : l'*Essai sur la forme de moindre résistance des bateaux sous-marins*, par M. F. Chaudy. Si ce travail avait été présenté en séance, M. de Bruignac en aurait discuté certains points; il se bornera à la phrase suivante faisant partie du résumé : « Mais il est établi que c'est uniquement pour permettre à l'eau d'avant de prendre sa place à l'arrière sans trop de remous qu'on est dans la nécessité de faire la proue en pointe. Il n'est donc pas utile de faire cette pointe exagérée; il suffit que les tangentes fassent entre elles un angle modérément obtus ». (Suit une figure représentant un angle de proue total de 130° environ.) — Les traités les plus récents sur la « Théorie du navire », sont beaucoup moins affirmatifs que M. Chaudy. En tout cas, s'il était exact que l'eau refoulée passe directement de l'avant à l'arrière du sous-marin, ce que M. de Bruignac conteste, il ne s'ensuivrait pas que l'angle de proue fût peu important, car le trajet supposé est d'autant plus facile qu'il est plus direct, et l'eau y éprouve toujours la résistance de rencontre de la surface du flotteur, résistance qui est fonction de l'angle d'incidence.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de MM. :

Enrique de Gispert-Yangüas, Membre de la Société depuis 1876 ; il en était le correspondant à Barcelone; il a été Ingénieur à la construction du chemin de fer de Barcelone à Martorell, concessionnaire du chemin de fer de ceinture de Barcelone, du réseau de l'île de Majorque et directeur de plusieurs travaux scientifiques et industriels ;

Victor Lemaire, Membre de la Société depuis 1892, a été constructeur-mécanicien à Épernay;

Laurent-Louis Vauvillier, Membre de la Société depuis 1872, a été Directeur de Chemins de fer.

M. le Président signale une rectification à faire dans l'annuaire de 1897 dans lequel on a omis de faire suivre le nom de M. Dibos de ses titres honorifiques. M. Dibos est lauréat de l'Académie des Sciences (prix Saintour 1894), lauréat de l'Institut Smithsonian de Washington U. S. A.; officier d'Académie et titulaire d'une médaille d'honneur de sauvetage.

M. le Président informe que l'aménagement de notre bibliothèque est assez avancé pour que les membres de la Société puissent y reprendre leurs études et recherches.

Parmi les ouvrages reçus depuis la dernière séance, M. le Président signale plus particulièrement l'ouvrage de M. C. de Perrodil sur *le Carbure de calcium et l'acétylène.*

M. le Président donne lecture d'une lettre adressée à la Société par M. le professeur Belelubsky.

» Saint-Pétersbourg, le 20 mars 1897.

» *Monsieur le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France,*

» En qualité de membre correspondant, j'ai l'honneur de vous informer que le Comité directeur de l'Association internationale pour l'essai des matériaux, s'est réuni à Vienne les 7 et 8 mars courant pour organiser les préparatifs du Congrès de Stockholm, qui doit avoir lieu du 23 au 26 août prochain. Le Comité directeur s'est occupé également, au cours de cette conférence, de la formation des commissions internationales et nationales.

» Trois commissions ont le caractère international :

» La première est ainsi présidée :

» Président : M. E. Polonceau; vice-président : Professeur Martens (de Berlin).

» La seconde :

» Président : M. Ast (de Vienne); vice-président : M. Barba.

» La troisième :

» Président : M. Wedding (de Berlin); vice-président : Baron de Püptner (de Vienne).

» Le Comité directeur a reçu avis du remplacement de M. Quinette de Rochemont, comme membre du Comité directeur de l'Association internationale pour l'essai des matériaux de construction, par M. le professeur Debray.

» Le septième Congrès aura lieu à Paris en 1900.

» *Signé :* N. Belelubsky. »

M. le Président a également reçu de MM. A. Brüll et E. Polonceau une communication relative à la création d'un laboratoire national pour l'essai des matériaux de construction.

Le Bureau a étudié la question et a chargé M. G. Dumont de la rédaction d'une lettre qui sera adressée à M. le Ministre des Travaux publics.

M. LE PRÉSIDENT informe que M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes a adressé à la Société différentes lettres relatives : aux mines de houille de la région de Westport (Nouvelle-Zélande), à des adjudications diverses à Sao Paulo (Brésil), à une adjudication en vue de la construction et de l'exploitation d'un réseau de tramways électriques à Braïla (Roumanie) et à l'adjudication des travaux nécessaires à la construction d'une gare centrale de chemins de fer à Buenos-Ayres.

Ces lettres sont déposées au Secrétariat; pour les renseignements complémentaires, documents divers, cahiers des charges, s'adresser au Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (Bureau des renseignements commerciaux), 80, rue de Varenne.

M. LE PRÉSIDENT a reçu, comme suite à la communication de M. le capitaine Calmel, sur le chemin de fer du Sénégal au Niger, une lettre de notre Collègue, M. A.-J. Boyer, dans laquelle il dit que les vingt-quatre millions dont a parlé M. Calmel ont servi pour partie :

A payer une expédition jusqu'au Niger;

A construire les forts de Kita, Bamakou et autres postes;

A créer toutes les installations, habitations, bureaux, magasins, hangars, appartements, etc., à Kayes;

A subvenir enfin à une foule d'achats et d'autres dépenses.

Communication de ces observations a été faite à M. le capitaine Calmel qui a adressé à M. A.-J. Boyer une réponse dont M. le Président a pris connaissance et dans laquelle il est expliqué que l'honorable conférencier reconnait l'exactitude de ces remarques. Du reste, en disant qu'on n'avait construit que quelques kilomètres de chemin de fer, il n'avait pas fait entendre que tout le crédit avait été consacré exclusivement à ces travaux.

M. M. OTTO a la parole pour sa communication sur *la Production et les applications industrielles de l'ozone.*

M. Otto fait un rapide historique de la découverte de l'ozone et des travaux qui ont permis d'établir la constitution de ce gaz, qui n'est autre chose, on le sait, que l'oxygène condensé :

O^3 (2 vol.)	O^2 (2 vol.)
Ozone.	Oxygène.

Les mesures de la densité de l'ozone, faites par M. Otto, concordent parfaitement avec ces formules.

M. Otto décrit les principaux appareils connus avant lui pour la préparation de l'ozone; il cite, en particulier, ceux de MM. Siemens et Halske, et Andréoli, et montre que les rendements obtenus avec ces ozoneurs sont inférieurs à 2 0/0 du rendement théorique.

M. Otto a déterminé les causes de ces mauvais rendements : d'une part, ces appareils s'échauffent considérablement en pleine marche; d'autre part, la durée effective de leur fonctionnement est très courte

pour un temps donné, eu égard au long intervalle qui s'écoule entre la fin d'une décharge et l'origine d'une autre.

Se basant sur les résultats de ses études, M. Otto a établi des ozoneurs dans lesquels le rendement en ozone peut être porté à 15 0/0 du rendement théorique. Il a, en outre, établi la loi suivante qui lie les rendements en ozone de ses appareils et le nombre de périodes du courant qui l'actionne :

Le rendement en ozone est proportionnel, toutes choses égales d'ailleurs, au nombre de périodes du courant employé pour actionner l'ozoneur.

Après avoir comparé les prix de revient de l'oxygène actif obtenu par différents procédés chimiques et par ses ozoneurs, M. Otto passe en revue les principales applications de l'ozone.

Il examine successivement les procédés employés pour le blanchiment des tissus, de la cire, du glucose, des jus sucrés, etc. Il parle des applications de l'ozone à la purification des eaux, à la teinture, au traitement de l'anémie, de la chloranémie, de la tuberculose et à la synthèse de certains parfums. Incidemment, M. Otto rappelle les études qu'il a faites des curieux phénomènes de phosphorescence provoqués par l'ozone.

M. Otto décrit une nouvelle série d'expériences qu'il vient d'effectuer pour étudier l'action de l'ozone sur un certain nombre de corps de la chimie organique, en particulier sur le méthane, l'éthylène, l'acétylène, les alcools, les phénols et les amines aromatiques. Il exprime, en terminant, l'espoir que des applications nouvelles et fécondes de l'ozone ne tarderont pas à surgir quand on connaîtra plus exactement le rôle de ce gaz vis-à-vis des différents corps et des groupements moléculaires les plus variés.

Cette communication paraîtra au Bulletin.

M. le Président remercie vivement M. Marius Otto dont la communication a été d'autant plus intéressante que c'est pour la première fois, croit-il, que ce sujet a été traité à la Société et, qu'en nous initiant à ses travaux personnels, M. Otto nous fait entrevoir les grands services que ce gaz enfant est appelé, en prenant de l'âge, à rendre à l'industrie et à la thérapeutique.

M. L. de Chasseloup-Laubat a la parole pour sa communication sur les *Chaudières marines.*

M. L. de Chasseloup-Laubat fait d'abord un court historique de la question des chaudières aquitubulaires depuis la première, trouvée dans les ruines de Pompéi, jusqu'aux modèles récents.

Il désigne par chaudières aquitubulaires les chaudières dont les tubes contiennent de l'eau et par ignitubulaires les chaudières dont les tubes laissent passer les gaz et les produits de combustion. Ces dénominations ont été adoptées après avoir consulté M. Gaston Paris, de l'Académie française, la plus haute autorité philologique en France.

M. de Chasseloup-Laubat passe ensuite aux monographies des principaux systèmes actuellement en usage. Il consacre également quelque temps à parler de systèmes nouveaux et intéressants à certains égards.

Puis il parle de la théorie de la circulation hydrothermique, c'est-à-dire des effets produits sur le liquide contenu dans un récipient par la

transmission, pendant l'unité de temps, de nombres différents de calories à des masses égales situées dans des endroits différents du récipient. Il définit la circulation naturelle comme celle qui se produit par le seul effet de la chaleur dans les conditions énoncées ci-dessus. Par contre, il nomme circulation artificielle celle qui se produit à l'aide de moyens mécaniques quelconques. Il distingue deux sortes de cycles de circulation : les cycles réversibles, dans lesquels le mouvement d'entrainement général peut s'établir dans un sens ou dans l'autre suivant le mode d'application de la chaleur; les cycles non réversibles, dans lesquels le mouvement d'entrainement général se produit forcément dans un sens déterminé ou ne se produit pas du tout.

La théorie de la circulation comporte deux bases distinctes : L'étude statique de la répartition des pressions lorsque toute la masse liquide est en repos ou lorsqu'elle est animée d'un mouvement uniforme, c'est-à-dire qu'elle contient une quantité de mouvements constante à un moment quelconque considéré; l'étude dynamique à laquelle on est forcément conduit lorsque, dans le liquide considéré, à deux instants quelconques, la quantité de mouvement n'est pas une constante, soit que l'on considère cette quantité de mouvement pour l'ensemble du cycle, soit qu'on la considère seulement pour une partie quelconque de ce cycle.

D'ailleurs, les notions de temps, d'espace, de force et de masse conduisent nécessairement au théorème du travail et des forces vives.

$$\text{Tr. élém. F} = m\gamma dl, \qquad \text{or } \gamma = \frac{dv}{dt} \text{ par définition.}$$

Pendant l'intervalle considéré on peut admettre $dl = v \,.\, dt$.

D'où :

$$\text{Tr. élém. F} = mvdv,$$

ce qui est l'expression du théorème du travail et des forces vives.

M. de Chasseloup-Laubat montre ensuite que, pour avoir la somme de travail disponible, nécessaire à l'entraînement d'une masse liquide quelconque à l'aide du mouvement dans cette masse liquide d'une autre masse de poids spécifique moyen inférieur, depuis un point quelconque jusqu'à sa position d'équilibre statique, il suffit de calculer le travail effectué par l'immersion de cette masse depuis sa position d'équilibre statique jusqu'au point considéré : en effet, ce travail disponible provient uniquement de la transformation de l'énergie potentielle, laquelle est uniquement due à la position initiale du système considéré, et cela en faisant abstraction des moyens employés pour établir le système dans la position initiale.

M. de Chasseloup-Laubat applique ces idées et cette méthode à l'étude des cycles non réversibles qui, en pratique, fonctionnent toujours par pulsations. Puis il passe aux cycles réversibles qui marchent toujours par entrainement continu, sauf lorsqu'ils approchent de la limite dangereuse; alors, le mouvement devient intermittent et il y a tendance au renversement.

En tout cas, pour les cycles réversibles, il est bon de ne point dépasser le nombre de calories correspondant à la vaporisation totale du maximum de débit, lequel, en faisant abstraction des frottements, se produit

avec l'occlusion complète des tubes par les bulles en supposant le volume total des bulles sensiblement égal au volume de l'eau.

Ce raisonnement fournit un argument inattendu en faveur de l'emploi des très hautes pressions pour les chaudières.

M. de Chasseloup-Laubat explique ensuite les expériences qu'il a faites, ou qu'il a vu faire. Il montre, pour les cycles non réversibles et pour les cycles réversibles, l'existence de ce qu'il nomme les fonctions φ_1 et φ_2 qui indiquent que si le travail disponible pour produire la circulation est constant avec un volume déterminé de bulles de vapeur, le travail effectif employé à produire cette circulation varie énormément : il est égal au premier multiplié par un coefficient variant de 0 à 1.

M. de Chasseloup-Laubat termine par l'énoncé des conditions que doivent remplir les chaudières à cycle non réversible et à cycle réversible pour avoir une bonne circulation; et il montre que la chaudière théoriquement parfaite n'existe point encore.

Cette conclusion s'impose encore avec bien plus de force si l'on considère non plus seulement les conditions nécessaires pour assurer la bonne circulation, mais encore les conditions pratiques de fonctionnement, soit en service courant, soit aux allures forcées de la marine militaire.

Cette communication paraîtra au Bulletin.

M. le Président remercie M. de Chasseloup-Laubat du remarquable travail qu'il vient de présenter avec sa compétence toute spéciale ; cette étude absolument remarquable a pris un temps considérable à son auteur, qui n'a pas craint d'aller à maintes reprises en Angleterre assister à des expériences analogues à celles qu'il poursuivait de son côté, et qui a tenu à voir, par lui-même, les documents et les détails les plus minutieux que les constructeurs français et anglais ont consenti à lui mettre sous les yeux.

M. le Président remercie également M. l'ancien Ministre Lockroy, M. le directeur des Constructions navales Bertin et M. l'Ingénieur Robinson qui ont bien voulu assister à notre séance et nous faire l'honneur de s'asseoir au bureau *(Applaudissements.)*

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P.-A.-R. Benac, H.-A. Chincholle, J.-J.-L. Clément, L. Gilbert, J. Grosselin, A.-G.-J. Guerbigny, J.-J. Loubat, J. Mauroy, E.-L. Restout, M. F.-P.-A. Sacquin comme membres sociétaires, et de MM. L.-M. Boileau et V.-E.-J. Durafort comme membres associés.

MM. G. Blum, A.-E.-A. Bretel, Ch.-H. Cailliatte, V. Champigneul, J.-H. Chaussenot, L.-P.-F.-A. Commandeur, L.-A.-V. Delafosse, L.-A.-E. Dumoulin, de Kerpely, H.-J. Kindberg, E.-G. Lussy, L. Mosès, L.-J.-A.-M. Otto, L. Perdu, E.-G. Schwarberg, Ch.-E.-L. Sinson Saint-Albin, L.-A.-J.-B. Thuillier, sont reçus comme membres sociétaires et

MM. A.-F. Cothias, P. Dupray et E. Peigné comme membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 23 AVRIL 1897

PRÉSIDENCE DE M. ED. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

Il est ensuite donné lecture des deux lettres suivantes relatives à des communications sur l'hydrologie du Sahara et le Transsaharien, présentées dans des séances antérieures :

La Madeleine-les-Lille, 20 mars 1897.

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT ET CHER COLLÈGUE,

» Je reçois à l'instant le *Bulletin* de janvier 1897. La communication de M. J. Bergeron sur l'hydrologie du Sahara est de celles qui m'intéressent et que j'ai étudiées jadis, ayant signé un projet de Transsaharien qui, bien que parfaitement inconnu du public, a peut-être eu des chances sérieuses de voir le jour. C'est pour établir un point d'histoire que je prends la liberté de vous écrire, vous laissant toute latitude de juger si cette lettre doit être portée à la connaissance des membres de notre Société.

» Depuis quelques années les voyages de M. F. Foureau l'ont porté vers l'est de l'Igharghar, vers les « Ighargharen » de Flatters et le lac Menk'hough, où s'était arrêtée la première mission de celui-ci. Aujourd'hui, il paraît être admis que le Transsaharien doit suivre le Tassili des Azdjer sur son versant nord. Or, je voudrais dire que l'idée première de cette orientation vers l'est du Transsaharien, dans la direction de Rhat, est due à M. V. Fournié, actuellement Inspecteur général des Ponts et Chaussées; c'est lui qui avait présenté au Ministre, à la fin de 1891 ou dans les premiers jours de 1892, le projet de Transsaharien dont je vous parlais plus haut et auquel j'ai collaboré. C'est lui qui, à l'encontre des idées d'alors qui préconisaient le tracé directement au sud vers Idelès (voir les ouvrages de M. G. Rolland et autres de cette époque) a posé comme objectif d'atteindre Rhat par les Ighargharen. Sans prononcer encore le nom de cette ville, il est visible que c'est le but qu'on se propose maintenant. Je me hâte de dire que le groupe où se trouve M. Rolland a d'autant plus le droit d'adopter ce tracé dont l'idée première est à un autre, que ledit groupe a racheté pour une somme assez ronde, vers le milieu de 1896, les droits que le groupe de M. Fournié avait sur le premier tronçon de Transsaharien, de Biskra à Ouargla, ainsi que les études faites sur place.

» Cet objectif de Rhat comme terminus provisoire du premier tronçon du Transsaharien avait pour raisons d'être une série de considérations de tous ordres, techniques, géographiques, politiques, etc., sur lesquelles je n'ai pas à insister ici, mais je vous signalerai, en raison de la communication de M. Bergeron, la question hydrologique. M. Roche, de la mission Flatters, a insisté, comme le dit fort bien la note du *Bulletin*, sur la probabilité de la continuité entre les eaux souterraines de l'Oued Rir' et celles qu'on rencontre à Temassinin. La présence d'oueds affluents de l'Oued Isaouan et des Ighargharen a été signalée par divers voyageurs, notamment Flatters et Duveyrier, et surtout on connait l'existence aux environs de Rhat de sources artésiennes très abondantes. Y a-t-il un lien entre ces dernières et la nappe de Temassinin? Ce serait un point intéressant à étudier et si réellement on se dirige vers l'est, c'est une étude qui doit tenter les explorateurs tels que M. Foureau. Que devient la nappe artésienne qui se manifeste près de Rhat? Pourrait-on relier par des explorations réelles les itinéraires de Flatters et ceux de Duveyrier, Barth, Monteil, et dépasser enfin dans cette direction le fameux lac Menk'hough qui semble arrêter tous nos efforts vers le Tassili?

« Veuillez excuser, Monsieur et cher Collègue, cette lettre un peu longue pour l'intérêt qu'elle comporte; j'ai été poussé à l'écrire par ce désir, peut-être naturel, de parler des choses qu'on a étudiées avec cette passion que comportent les mystères de l'Afrique pour tous ceux qui en approchent. Je suis maintenant hors du courant africain, mais je tenais à prononcer en ce moment le nom d'un homme qui peut avoir eu une influence importance sur des événements dont la réalisation est encore, probablement, bien lointaine.

» Veuillez agréer, Monsieur et cher Collègue, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

» Hermann Bernard.

» P.-S. — Je m'aperçois que j'ai parlé ci-dessus de Rhat. C'est une façon un peu erronée de me faire comprendre car Rhat est en Tripolitaine et nous ne devons pas y aller. Mais aux portes de Rhat le terrain appartient aux Touareg et notre station terminus était placée 2 ou 3 kilomètres plus loin, à une oasis que Barth signale sous le nom d'El Barakat, en pays targui. »

« *Paris, 31 mars 1897.*

» Monsieur Edouard Lippmann,

» *Président de la Société des Ingénieurs Civils de France,*

» Vous avez bien voulu me communiquer, — en me faisant l'honneur de me demander mon avis, — la lettre intéressante qui vous a été adressée par M. Hermann Bernard, à propos de la communication de M. Jules Bergeron, insérée dans votre *Bulletin* de janvier 1897, sur les résultats des voyages de M. F. Foureau au point de vue de la géologie et de l'hydrologie du Sahara méridional.

» La lettre de M. H. Bernard s'occupe, en premier lieu, du tracé à adopter pour le futur Transsaharien. Elle fait valoir ensuite les avantages de la direction vers Rhat sous le rapport hydrologique.

» Je me bornerai aujourd'hui à dire quelques mots de l'un des deux sujets ainsi abordés par M. H. Bernard, savoir du *tracé du Transsaharien*, et, afin de ne pas trop allonger ma réponse, je me propose de revenir, si vous le permettez, dans une communication ultérieure, sur les questions d'*Hydrologie saharienne* soulevées par votre remarquable mémoire de novembre 1896 et par celui de M. Bergeron.

« Aujourd'hui, dit M. H. Bernard, il parait être admis que le Trans-
» saharien doit suivre le Tassili des Azdjer sur son versant nord ».

» J'avoue que cette affirmation m'inspire certaines réserves. Elle tend à faire prévaloir l'orientation vers Rhat, en faveur de laquelle M. H. Bernard invoque la grande autorité de M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées Fournié. Certes, et *à priori*, l'appui du nom de M. Fournié donne une valeur incontestable au tracé sur Rhat. D'ailleurs, on sait que mes amis et moi avons été des premiers à reconnaitre l'importance politique et commerciale de ce centre saharien : tous les efforts de notre « Syndicat de Ouargla au Soudan » en font foi. Néanmoins, je me permettrai de faire observer que, — considérations diplomatiques à part, — on se trouve en présence de sérieuses objections d'ordre technique contre le projet d'un Transsaharien passant par Rhat.

» D'une part, le pays entre le lac Menk'hough et Rhat est insuffisamment connu, et ce que l'on en sait semble plutôt défavorable au point de vue de l'établissement d'une voie ferrée. D'autre part, Barth, Rohlfs, Nachtigall, Erwin de Bary signalent tous de grandes difficultés de terrain entre Rhat et l'Aïr, de même qu'entre Rhat et Bilma.

» Je ne vois donc pas de raison nouvelle pour me rallier à l'idée de prendre la ville de Rhat comme premier objectif du Transsaharien, — idée sur laquelle, au demeurant et à ma connaissance, M. Fournié n'a pas insisté depuis 1892. — Je ne vois aucun motif pour abandonner la direction générale du tracé de Ouargla par Timassinin vers l'Aïr, préconisée par moi, ainsi que par mon ami et collaborateur M. l'Ingénieur Fock : mais je m'empresse d'ajouter que M. Fock et moi admettons parfaitement l'étude et l'adoption éventuelle de variantes, à mesure que l'on sera mieux renseigné sur la topographie des régions à traverser.

» Or, parmi les variantes déjà proposées, je puis en signaler une qui répond aux préoccupations d'ordre hydrologique exprimées par M. Bernard, et qui, de plus, offrirait l'intérêt d'un raccourci appréciable.

» Cette variante a été indiquée, en 1890, par M. le chef d'escadron d'artillerie F. Bernard. Elle suivrait, à partir de Timassinin, la vallée des Igharghareu, puis remonterait l'Oued Maston, large coupure qui ferait communiquer, sans accident notable de terrain, la vallée des Igharharen avec la plaine d'Amadghor (1).

» J'ajoute que l'indication de M. le commandant Bernard a été confirmée formellement par les renseignements recueillis au cours des missions envoyées par le « Syndicat de Ouargla au Soudan » chez les Touareg Azdjer, et, en particulier, par la mission Bernard d'Attanoux (campagne 1893-1894) : on les trouve consignés dans le rapport officiel de ce dernier explorateur.

» Le tracé abandonnerait ainsi le haut Igharghar et se développerait dans la région plus riche en eaux du Tassili des Azdjer. Au delà d'Amad-

ghor, il rejoindrait notre projet primitif, se dirigeant par l'Oued Tin Tarabin vers Asiou.

» En terminant, je me félicite de constater que, d'après les deux derniers paragraphes de la communication de M. Bergeron à la Société des Ingénieurs civils de France, M. l'explorateur Foureau semble admettre aujourd'hui le tracé de Ouargla à Timassinin, auquel il n'avait pas toujours donné son adhésion. Au delà de Timassinin, la variante de M. le commandant Bernard rallierait sans doute tous les suffrages. Ainsi se réaliserait, sur ce point du moins, notre espoir de voir s'établir une communauté de vues bien désirable entre tous ceux qui travaillent au succès de la pénétration saharienne, de l'Algérie au Soudan central.

» Veuillez agréer, monsieur le Président, l'expression de mes sentiments empressés et dévoués.

» G. ROLLAND,
» *Ingénieur en chef des Mines.* »

M. LE PRÉSIDENT a reçu de M. Rolland la promesse qu'il nous enverrait un mémoire sur les eaux artésiennes de l'Oued Rir' et du Sahara. Ce mémoire fera l'objet d'une communication qui ne manquera pas d'être suivi d'une discussion intéressante.

M. LE PRÉSIDENT annonce en ces termes le décès de notre Collègue E. Levassor, qui était membre du Comité de la Société :

» Nous avons tous été frappés de stupeur et nous avons ressenti une immense douleur en apprenant la fin prématurée de notre éminent et sympathique Collègue Emile Levassor, dont la mort a tranché brutalement la brillante carrière.

» Sorti de l'Ecole Centrale en 1864, membre de notre Société depuis 1867, il avait su rapidement conquérir un des premiers rangs dans les applications les plus variées de la mécanique. Il était connu de nous tous par les grands et glorieux travaux qui ont illustré son nom.

» Il était chevalier de la Légion d'honneur depuis 1889 et membre de notre Comité depuis 1896.

» Je ne vous retracerai pas ici son intéressante biographie industrielle ; notre dévoué Vice-Président, M. G. Dumont l'a résumée dans la touchante allocution qu'il a prononcée samedi dernier à la triste cérémonie à laquelle j'ai été empêché d'assister par le devoir professionnel qui m'a tenu loin de Paris pendant plusieurs jours.

» Dans cette allocution qui sera publiée dans notre premier compte rendu, M. Dumont a su faire ressortir, avec âme et conviction, le grand savoir de l'habile Ingénieur, l'ardeur infatigable du grand travailleur, les éminentes qualités de l'homme de bien dont nous déplorons tous aujourd'hui la perte irréparable, et à la mémoire duquel j'adresse ici un pieux et cordial hommage.

» Si vous le voulez bien je me ferai personnellement auprès de la famille éplorée de notre très regretté confrère, l'interprète de vos sentiments de bien sincère et profonde condoléance. »

(1) J'avais déjà figuré sommairement cette coupure sur ma carte géologique du Sahara au $\frac{1}{5.000.000}$, dont la première édition remonte à 1881 (*Bulletin de la Société géologique de France*).

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer encore le décès de plusieurs de nos Collègues :

M. L.-E. Mayer, membre de la Société depuis 1865, chef de bureau en retraite du service de l'Exploitation de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée;

M. G.-A.-M. Poisat, membre de la Société depuis 1880, s'est occupé spécialement de distilleries et raffinerie de pétrole et huiles minérales;

M. L.-E. Prothais, membre de la Société depuis 1881, a été sous-chef de section aux Chemins de fer de l'État et entrepreneur de travaux publics;

M. A.-M.-E. Urban, membre de la Société depuis 1883, ancien officier d'artillerie, a été Ingénieur, chef de service, directeur au chemin de fer Grand-Central-Belge.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de faire part des distinctions et nominations suivantes dont plusieurs Collègues ont été l'objet :

M. J. Morandiere a été nommé chevalier de la Légion d'honneur;

M. A. Cottrau, grand officier de l'Ordre royal d'Isabelle la Catholique;

M. A. Cottrau a, en outre, été nommé président de la commission chargée d'organiser le concours officiel de l'Italie à l'Exposition Universelle de 1900 à Paris.

M. LE PRÉSIDENT dit que par suite du décès de M. E.-C. Levassor, membre du Comité, il y a lieu de pourvoir à son remplacement.

L'article 11 du règlement intérieur dit que :

» Si un membre du Comité est démissionnaire ou s'il meurt, les membres de la Société seront prévenus huit jours avant la plus prochaine réunion bimensuelle, pour procéder à l'élection d'un nouveau membre. »

M. Levassor étant décédé le 14 avril et la Société n'en ayant été avisée que le lendemain 15, il était donc impossible de prévenir les membres de la Société huit jours avant la séance d'aujourd'hui. Les opérations de son remplacement au Comité auront lieu à la prochaine séance, le 7 mai.

Parmi les ouvrages reçus, depuis la dernière séance, M. LE PRESIDENT signale tout particulièrement les ouvrages suivants :

De M. A. Brüll : *Huitième Congrès d'hygiène et de démographie tenu à Budapest. Comptes rendus et mémoires, par le Dr Sigismond de Gerloczy ;*

De M. G. Steinheil, éditeur : *Le Four électrique, par Henri Moissan.*

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Grosdidier vient de faire à la Société un nouveau don de 64 *f* et l'en remercie sincèrement.

M. LE PRÉSIDENT porte à la connaissance de ses Collègues que la Société a reçu de M. Th. de Goldschmidt, membre correspondant de la Société à Vienne, une lettre annonçant que la Commission, pour la régularisation du Danube, met en adjudication les ouvrages métalliques nécessaires à la construction de l'écluse de Nufsdorf, près Vienne.

M. de Goldschmidt joint à sa lettre un exemplaire du document officiel qui fait appel aux Ingénieurs et constructeurs sans distinction de nationalité.

Il ajoute, en terminant, qu'il a adressé cette lettre et son annexe, sur l'invitation du vice-président de la Commission mentionnée plus haut, M. le Comte de Kielmannsegg, lequel désire vivement voir des Français participer à cette adjudication.

M. D. Federman, également membre correspondant de notre Société à Turin, nous a écrit pour nous donner la classification des différentes classes de l'Exposition internationale d'Électricité qui s'ouvrira à Turin en 1898 ; il ajoute qu'il est heureux de se mettre à la disposition de ceux des membres de la Société qui désireraient avoir des renseignements sur cette Exposition.

Nous avons reçu encore du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, une lettre relative à la construction d'un palais de justice indigène avec prison de police et caserne au Caire.

Pour renseignements, s'adresser au Ministère du Commerce, bureau des renseignements commerciaux (80, rue de Varenne).

Enfin, un avis préliminaire du Président de l'Association internationale pour l'essai des matériaux, nous informe que la prochaine assemblée plénière se réunira les 23, 24 et 25 août à Stockholm.

Le programme détaillé des itinéraires, des délibérations, ainsi que des excursions projetées en Suède et en Norvège, sera distribué prochainement.

L'invitation qui nous est adressée s'étend aux Dames.

M. le Président donne la parole à M. A. Lavezzari pour présenter l'analyse de l'ouvrage de M. Codron intitulé : *Procédés de forgeage dans l'industrie.*

M. A. Lavezzari dit que l'ouvrage de M. C. Codron offert à la Bibliothèque de notre Société par MM. Bernard et Cie, éditeurs, est extrait du mémoire présenté par l'auteur du concours Arbel ouvert par la Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers.

On ne saurait mieux en faire ressortir la valeur qu'en rappelant qu'il a été couronné par cette Société dans la séance du 17 février 1895 présidée par M. le Président de la République.

Le mémoire de M. Codron était composé de deux parties ; la première traitant des procédés de forgeage en général, la deuxième donnant la description de quelques procédés particuliers. L'ouvrage qui nous est présenté aujourd'hui n'embrasse que la première partie du mémoire. Les instructions pratiques y sont appuyées de solides démonstrations théoriques au cours desquelles l'auteur a développé des calculs dont quelques-uns ont un caractère d'originalité fort intéressant.

Cet ouvrage est divisé en huit chapitres. Dans le premier, l'auteur traite des procédés par pression directe Cente et donne à ce propos des renseignements nouveaux sur la compression centrifuge ; après une étude sur l'influence de la vitesse de compression, de la température du métal, il termine par la description de quelques-unes des machines employées pour ce travail.

Le second chapitre est consacré aux procédés par pression vive.

Dans le troisième, l'auteur passe en revue les applications générales des procédés précédemment décrits, en particulier le matriçage et le

rivetage, la soudure, puis il donne quelques aperçus de la rivure électrique.

Le chapitre 4 traite des procédés de laminage, y-compris la fabrication des tubes.

Le chapitre 5 est consacré aux procédés par traction directe ; il s'y trouve un long calcul des éléments du travail d'étirage.

Dans le sixième chapitre, ce sont les procédés par flexion, ployage et courbage.

Le septième est réservé aux procédés par torsion.

Enfin, dans le chapitre 8 intitulé : « Chauffage et refroidissement », l'auteur traite rapidement les procédés employés pour le serrage des frettes et termine par l'étude de la trempe.

L'ouvrage de M. Codron est complété par un atlas de 47 planches représentant un grand nombre de machines employées dans l'industrie de la forge.

Comme on le voit par cet aperçu, ce travail présente un ensemble très complet qui ne manquera pas d'intéresser un grand nombre de nos Collègues et qui justifie pleinement la récompense dont il a été l'objet.

M. le Président remercie M. A. Lavezzari d'avoir attiré l'attention de ses Collègues sur l'intéressant ouvrage de M. Codron et donne la parole à M. E. Cacheux qui va nous faire le *Compte rendu du Congrès des Sables-d'Olonne.*

M. E. Cacheux dit que le Congrès international des Pêches des Sables-d'Olonne, a été organisé par la Société d'Enseignement professionnel et technique des Pêches Maritimes, en vue de développer en France l'industrie des pêches maritimes qui s'est si rapidement transformée à l'étranger dans ces derniers temps. En Allemagne notamment, la production du poisson a été doublée dans une période de dix ans.

Le Congrès a eu beaucoup de succès ; cinq ministères, dix-sept municipalités et chambres de commerce y ont envoyé des délégués et deux cents adhérents ont pris part à ses travaux dont le compte rendu a été confié à M. G. Rocher, Inspecteur général des pêches maritimes et aux secrétaires généraux, MM. A. Odin et Baudouin. Il forme un bel et intéressant volume de près de 400 pages, orné d'une soixantaine de figures intercalées dans le texte.

Dans les séances générales du Congrès, on a discuté les mémoires ayant trait aux questions suivantes :

1° Assurance des marins, par G. Hamon, professeur à l'Institut commercial ;

2° Transport du poisson et chasseurs à vapeur par P. Dubar, directeur des Établissements Cail à Saint-Denis ;

3° Cours de navigation et pêche côtière dans les écoles communales du littoral, par M. Coutant, directeur du collège Chaptal ;

4° Considérations générales sur la piscifacture marine, par le Dr Marcel Baudouin ;

5° Les cartes des fonds de pêche, par le Dr E. Canu, directeur de la station aquicole de Boulogne ;

6° Les besoins de l'industrie de la sardine, par M. A. Odin, directeur de la station zoologique maritime des Sables-d'Olonne.

Un grand nombre de sujets ont été traités dans des séances de section. Divers vœux furent émis et un comité fut chargé de les mettre à exécution. Avant de se séparer, le Congrès décida que le prochain Congrès international aurait lieu à Dieppe en 1898. Le mouvement créé en faveur de l'industrie des pêches maritimes est tel que la municipalité de Lorient a pris l'initiative de réunir dans cette ville, du 9 au 12 septembre prochain, un Congrès national des pêches côtières : elle a choisi comme Président M. Guieysse, ancien Ministre des Colonies, et comme secrétaire général, notre Collègue, M. T.-J. Pérard.

Parmi les vœux émis, il en est un que nous nous sommes donné la mission de mettre à exécution, savoir : la propagation des écoles spéciales de pêche maritime. Nous serons puissamment aidés dans ce but par l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes, Société autorisée par arrêté ministériel du 16 mai 1895 et patronnée par plusieurs chambres de commerce. Quoique née d'hier, cette Société a provoqué l'ouverture des écoles de Groix, des Sables-d'Olonne, de Dieppe, du Croisic et de cours d'adultes à Trouville, au Tréport, ainsi que dans diverses autres villes du littoral.

Des écoles sont en voie d'organisation à la Rochelle, à Boulogne, à Marseille, à Arcachon et à Philippeville.

L'utilité des écoles de pêche a été reconnue par le Ministère de la Marine qui leur a alloué des subventions dont le montant s'élève à la somme totale de 13600 *f*.

La Société organise des musées et des bibliothèques dans ses écoles et elle cherche à propager le plus possible parmi les marins, les institutions de prévoyance qui les assurent contre les risques de la misère.

L'ouverture d'écoles de pêche ne constitue qu'une partie du but que s'est proposé le comité d'hommes dévoués qui nous prête son appui pour développer en France l'industrie des pêches maritimes, car il s'occupe également de concours et d'expositions. Le Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France a annoncé le concours qui a pour objet le développement d'une des pêches maritimes d'un port français, et tout fait présager qu'il donnera lieu à des résultats importants. Disons à ce sujet que M. le Président de la République et MM. les Ministres de la Marine et de l'Instruction publique nous ont offert des prix pour les distribuer à nos lauréats.

Deux mémoires qui nous ont été envoyés se terminent par des conclusions qui annoncent la création, à bref délai, d'écoles de pêche dans des centres importants.

Les auteurs de ces mémoires sont des officiers de la marine et ils n'attendent pour agir que l'autorisation ministérielle ; comme cette autorisation est accordée d'office aux membres de notre Société, nous avons pris les mesures nécessaires pour marcher.

Nous avons accepté la proposition qui nous a été faite de créer une section française à l'Exposition internationale qui s'ouvrira au mois de mai 1898 à Bergen (Norvège). Nous serions heureux de voir nos Collègues prendre part à cette exposition. Les frais seront peu élevés car on nous

offre une place gratuite. Les Français ont, pour diverses raisons, le plus grand intérêt à faire connaître leurs produits à l'étranger, parmi ces raisons, nous ne citerons que celle qui concerne l'imitation des objets manufacturés.

En résumé, l'industrie des pêches maritimes se développe très rapidement depuis quelques années à l'étranger, notamment en Allemagne ; par suite, il est du devoir de tous nos compatriotes de faire de grands efforts pour ne pas rester trop en arrière et nous espérons que les membres de la Société des Ingénieurs Civils de France voudront bien encourager les efforts que nous faisons pour améliorer le matériel de nos marins-pêcheurs, augmenter la production des produits de la mer, diminuer le prix du poisson, de façon à mettre cet aliment à la portée des travailleurs et enfin, venir en aide, le plus efficacement possible, à la classe si intéressante des marins pêcheurs.

M. le Président remercie M. Cacheux de son intéressante communication ; il espère qu'un succès toujours croissant couronnera l'effort de la Société de l'enseignement professionnel et technique des pêches maritimes qui a entrepris une œuvre d'une grande utilité. Il félicite personnellement M. Cacheux du dévouement qu'il apporte à la cause des marins et de tous les travailleurs en général.

La parole est à M. Ch. Compère pour sa communication sur *les efforts réellement transmis à la manivelle dans les machines en tenant compte des forces d'inertie.*

M. Ch. Compère, avant de présenter sa communication, demande à signaler à l'attention de ses Collègues les comptes rendus, qu'il dépose sur le bureau, des derniers Congrès des Ingénieurs en chef des Associations des Propriétaires d'appareils à vapeur, publiés par ses soins. Il en donne un résumé succinct en signalant les questions principales qui s'y trouvent traitées.

M. Compère aborde ensuite l'objet de sa communication. Il rappelle que l'étude des forces d'inertie dans les machines à vapeur a déjà été faite très complètement, au point de vue cinématique, par différents auteurs. M. Compère a repris cette étude pour chercher à expliquer la production de chocs anormaux dans certaines machines trop peu chargées, et, comme c'est le cas dans les forges, à masses en mouvement très grandes.

Les efforts transmis par la bielle au tourillon de manivelle résultent de la superposition de plusieurs forces :

1° Les pressions de la vapeur sur les deux faces du piston ;

2° Les forces d'inertie des pièces en mouvement alternatif, telles que le piston et sa tige, la bielle et sa traverse, le piston et la bielle de la pompe à air, etc.

3° Quand la machine est verticale, le poids de ces pièces mobiles intervient en diminuant ou en augmentant l'effort transmis, suivant que le piston monte ou descend.

La superposition de ces forces composantes donne naissance à un effort variable qui peut s'annuler et changer de sens plusieurs fois pendant

chaque course, en produisant un nombre égal de chocs entre le tourillon de manivelle et la tête de bielle si ces pièces présentent quelque jeu.

Pour étudier cette variation de l'effort transmis, M. Compère indique une méthode graphique d'une application rapide. La courbe des forces d'inertie étant tracée pour une vitesse déterminée, il suffit de la porter sur la courbe des efforts dus à la vapeur, que l'on obtient facilement au moyen des diagrammes relevés à l'indicateur. La superposition se fait en plaçant les axes d'abscisses des deux figures, soit en coïncidence si la machine est horizontale, soit à une distance proportionnelle aux poids des pièces mobiles si la machine est verticale. Il est facile de constater que les forces d'inertie diminuent l'effort de la vapeur au début de la course et l'augmentent vers la fin. Tant que la vitesse n'est pas trop considérable, cette influence tend à régulariser l'effort réellement transmis à la manivelle. Au delà d'une certaine vitesse, l'effet de l'inertie finit par rendre l'effort moteur plus petit au commencement de la course qu'à la fin, et même par le rendre négatif.

Indépendamment de la vitesse, il faut considérer comme éléments importants de régularité la durée de l'admission et la valeur de la pression initiale. A chaque régime de vitesse d'une machine, correspondent une pression et une admission qui procurent le maximum de régularité. Ce sont surtout les admissions faibles qui donnent le plus de chances de chocs pendant la course, la pression de la vapeur devenant à un certain moment trop faible pour compenser l'effort résistant de l'inertie.

Aussi s'explique-t-on que les machines fonctionnant notablement au-dessous de leur charge normale, soient plus exposées que les autres à subir des chocs supplémentaires, surtout lorsqu'elles ont des proportions robustes et une vitesse un peu plus grande.

La marche sans condensation augmente également les chances de chocs, car la contre-pression annule alors, et rend même négatif, l'effort moteur de la vapeur pendant une assez grande partie de la course; ce qui donne aux forces d'inertie plus d'importance relative.

Le rôle des forces d'inertie, dans les machines motrices, peut être résumé de la façon suivante :

1° Les forces d'inertie tendront d'autant plus à détruire la régularité des efforts transmis à la manivelle que, pour une pression donnée, l'admission sera plus faible.

2° S'il se produit du jeu dans les articulations, les forces d'inertie peuvent être la cause, quand la charge devient trop faible, de la production de chocs supplémentaires en dehors de ceux qui se produiraient sous l'action de la vapeur seule.

3° La production de ces chocs augmente d'ailleurs avec le poids et la vitesse des pièces en mouvement.

4° Dans le cas d'une machine commandée trop forte en prévision des augmentations futures de sa charge, il y a avantage, au point de vue de la régularité et des chocs, à marcher tout d'abord avec une pression faible et une admission prolongée autant que possible.

M. Compère termine cette étude par la description de procédés graphiques qui permettent de déterminer simplement et avec une approximation suffisante en pratique, la courbe des forces d'inertie, à une

vitesse quelconque, lorsqu'on connaît les dimensions et le poids des pièces mobiles.

M. le Président remercie M. Compère de sa très intéressante communication.

Notre Collègue a envisagé la question des efforts transmis à la manivelle sous une forme nouvelle qui présente, comme il l'a fait voir, un intérêt de premier ordre dans bien des cas.

En raison de l'heure avancée, M. le Président propose de remettre à la séance suivante la communication de M. Duroy de Bruignac sur *la Stabilité des bateaux à hélices sur houle et dans les girations.*

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. M. Aumard, M. Baer, Ch.-R. Baffrey, A. Bary, R.-M.-G. de Batz, G.-J.-M. Besana, G. Beuret, Ch.-M.-J. Biseau, J. Bonifay, P.-A.-B. Bordé, A.-Ch.-A. Boudon, A. Bouvard, V. Brueder, F. Cantero y Villamil, Ch.-P. Delaporte, G.-L.-E. Delplace, E. Deschamps, H.-A. Doineau, P. Dubar, Ch.-P. Gauchery, A.-P.-J. Guerlet, E.-E. Guibert, Ch. Karcher, P. Leroy, A. Leroy, M. Michon, H. Panhard, A. Poidatz, L.-V. Rancelant, H. Regnier, P.-E. Ruef, V.-W. Schoukhoff, A.-F.-A. Tabourin, Ch.-V. Thierry, J.-H. Thomas, L. Turgan, J.-P. Valette, V. Wigoura comme membres sociétaires.

MM. J. Bertin, A Boucley, G. Drin, A.-Ch. Dulac, L.-M. Dulac et P. Gourdon comme membres associés.

MM. P.-A.-R. Benac, H.-A. Chincholle. J.-J.-L. Clément, L. Gilbert, J. Grosselin, A.-G. Guerbigny, J.-J. Loubat, J. Mauroy, E.-L. Restout, et M.-F.-P.-A. Sacquin sont reçus membres sociétaires.

MM. L.-M. Boileau et V.-E.-J. Durafort sont reçus membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
A. Lavezzari.

DU SÉNÉGAL AU DAHOMEY [1]

PÉNÉTRATION FRANÇAISE AU SOUDAN

PAR

M. le lieutenant de vaisseau HOURST

Je dois d'abord et d'avance vous présenter une excuse, qui est celle-ci : c'est que je ne serai peut-être pas tout à fait aussi intéressant, aussi amusant que j'aurais voulu l'être, car je m'écarterai de bonne heure du voyage anecdotique, du voyage pittoresque, trop facile à mettre en avant dans une expédition en pays inconnus, pour entrer dans les questions sérieuses, dans les questions de mise en valeur de ces pays, questions, en somme, qui intéressent la grandeur du pays, qui intéressent l'avenir de notre France, qui intéressent également l'avenir de l'humanité. J'ai pensé qu'après avoir fait, à différentes reprises, le récit de mon voyage, je devais, à présent, mettre en évidence les éléments sur lesquels on devait se baser pour en tirer parti. Je les ai fait connaître à mes chefs, et nul endroit, mieux qu'ici, ne pouvait être choisi pour venir les livrer au public, car si un pays est susceptible, plus tard, d'agrandir notre industrie, notre commerce et tout ce qui se rapporte à nos arts pratiques, c'est bien le Soudan.

Je vais d'abord vous dire en peu de mots notre voyage et ses origines. Pour ses origines, il faut remonter loin, car Colbert proposait déjà de remonter le Sénégal et de se lancer dans l'intérieur de cette terre de l'or et des monstres, comme on appelait alors l'Afrique.

Ce projet, abandonné, fut repris par Faidherbe. Puis, vint encore une période de découragement. Mais le général Borgnis-Desbordes arrivait au Soudan, commençait ces belles séries d'ex-

(1) Voir planche 187.

péditions qui nous ont donné ce vaste empire dans lequel notre influence, notre possession effective s'étendent maintenant depuis Say jusque, dans l'ouest, à l'océan Atlantique.

Après lui, d'autres sont venus ; le général Archinard notamment, qui a été mon maître dans les affaires coloniales, au Soudan, qui a été mon chef pendant quatre ans ; ils ont augmenté notre influence vers l'Est. Le lieutenant de vaisseau Caron arrivait jusqu'à Tombouctou. Nous savions que le fleuve du Niger était navigable depuis Koulikoro jusqu'à Tombouctou. Mais, où finissait sa navigabilité? Pouvait-on aller jusqu'à la mer? La question fut soulevée au commencement de 1890. Je proposai au Ministre des Colonies de redescendre le Niger jusqu'à la mer, si cela était possible, en partant de Saint-Louis, en remontant le Sénégal navigable, et en traversant le Soudan français actuel par cette ligne que nous appelons route de ravitaillement, qui va de Kayes à Koulikoro. Après diverses péripéties et des circonstances malheureuses, j'obtins la permission de partir avec un bâtiment démontable, en aluminium. Jusqu'à Koulikoro, j'ai fait prendre par des porteurs la route qui m'était indiquée. Ayant eu l'autorisation de prendre deux chalands en bois, nous nous mîmes en route de ce point et nous apprêtâmes à descendre le Niger.

Le Sénégal, de Saint-Louis à Kayes, est navigable toute l'année pour des chalands de 15 à 18 *m* de longueur ; il l'est pendant huit mois pour la navigation à vapeur à petit tirant d'eau, et pendant un mois et demi pour les bâtiments de 2 000 *t*, qui remontent alors jusqu'à Kayes. Et si, à Kayes, il y avait possibilité de charger et de décharger rapidement les bâtiments, on pourrait déjà avoir une voie commerciale considérable, suivant le fleuve et mettant Kayes en communication avec Saint-Louis, qui se trouve ainsi le point de contact de notre commerce maritime avec le Soudan français. La ligne se poursuit par un chemin de fer dont il sera parlé tout à l'heure. De Bafoulabé jusqu'à Dioubéba, c'était autrefois un Decauville qui faisait le service ; il est, maintenant, remplacé par une voie normale. Au delà, il faut prendre la route. Mais cette route n'est pas aussi mauvaise qu'on l'a imprimé. Je lisais dernièrement qu'une tonne de marchandises coûtait 1 500 à 1 800 *f* pour arriver de Saint-Louis jusqu'au Niger ; c'est inexact, elle coûte 60 *f* pour arriver jusqu'à Kayes par bateau, et 300 *f* pour arriver par voitures métalliques jusqu'à Koulikoro. Vous voyez que nous sommes loin des dépenses sur lesquelles on table pour honnir le Soudan. Cette route est telle-

ment peu mauvaise que mon second, M. Baudry, a pu la parcourir presque entièrement à bicyclette.

Munis de nos embarcations, nous partîmes en descendant le Niger. Depuis Koulikoro jusqu'à Tombouctou, aucun obstacle n'empêche la navigation, qui peut s'effectuer aussi bien que sur le Sénégal, c'est-à-dire, pendant toute l'année, pour les petits chalands, pendant huit mois pour la navigation à vapeur, et pendant un mois et demi pour les bâtiments pouvant porter plusieurs milliers de tonnes.

La mission possédait trois embarcations; l'une en aluminium, démontable, que j'avais emportée et les deux autres en bois. Ces embarcations dont l'une avait 15 *m* de longueur et les autres environ 10 *m*, calaient fort peu d'eau, et étaient montées par des laptots sénégalais, qui nous ont été très dévoués pendant la durée de la mission, et cela malgré toutes les privations qu'il nous a fallu supporter.

Au delà de Tombouctou, nous entrions dans l'inconnu. Un seul voyageur, Barth, avait pu descendre à peu près le fleuve. Il en avait suivi les rives, était arrivé à Gao, et était descendu jusqu'à Say par la rive droite. Les descriptions qu'il donne sont d'une exactitude merveilleuse ; il est impossible d'être plus exact que ce grand voyageur. Mais il avait encore bien des endroits à reconnaître. La question du voyage à travers les peuples Touareg s'imposait. Après avoir quitté Tombouctou, et ayant peu de connaissance des Touareg, j'ai dû me préoccuper d'empêcher ces gens-là de se livrer à leurs penchants les plus violents, et me prémunir contre leur tendance à se défier de tout ce qu'ils ne connaissent pas. Il faut considérer les Touareg comme ces grands chiens de garde qu'on place à la porte d'une ferme. Ils sont toujours prêts à mordre, mais, si vous en approchez franchement, si vous leur jetez un os, ils le rongent, viennent vous lécher, et vous n'avez pas de meilleurs amis. Le Targui est ainsi fait. Pour peu qu'il vous suppose une mauvaise intention, il est en défiance, excité en cela par ses marabouts qui prennent de l'Islam ce qu'il y a de pire, ce qui peut flatter leurs instincts mauvais, et contre lesquels il nous faudra toujours lutter pour civiliser le Soudan. Nous avons pu le reconnaître, nous l'avons remarqué partout, et chez les Touareg, nous avons trouvé une tribu, celle des Kel-è-Souk, dont les marabouts étaient toujours disposés à exciter la défiance de leurs compatriotes : A côté de cela, certaines tribus, comme celle dont je vais parler, ont pu puiser dans la morale de

l'Islamisme, dans ce qu'il y a de bon dans le Coran, car il y a de tout dans le Coran, le bon et le mauvais, certaines tribus ont pu puiser dans le Coran des principes de bonté qu'elles savent appliquer au besoin. Je veux vous parler des Countas; ce sont les descendants des Arabes conquérants de l'Afrique. Lorsque Barth vint dans ces contrées, il eut comme protecteur et comme ami un marabout de cette famille, Cheik-el-Bakay, et cette amitié fut son égide pendant son séjour au Soudan, elle lui permit de séjourner plus de six mois à Tombouctou. Plus tard, El-Bakay lui donna un sauf-conduit qui lui permit de voyager sans rien craindre des populations. Il nous sembla que les principes dont les Countas avaient fait preuve, devaient encore subsister. Aussi nous nous mîmes, autant que faire se pouvait, en relations avec les Countas. A Saréféré, nous pûmes décider un des leurs à venir nous voir. D'autre part, un de nos amis de Tombouctou m'avait donné un conseil qui fut ma sauvegarde pendant toute la durée de la mission. Au moment de quitter la ville, le brave homme me dit : « Dis-leur que tu es le fils d'Abdoul-Kérim » ; c'est le nom qu'avait pris Barth. Je suivis son conseil, et c'est comme fils, ou plutôt comme neveu de Barth, que nous avons pu descendre le fleuve, que nous avons trouvé partout des protecteurs, c'est en souvenir d'El-Bakay, qui avait laissé une réputation de sainteté, que les Countas nous ont protégés; que, plus tard, la grande tribu des Aouelimidden nous a pris sous sa protection, et c'est au grand voyageur Barth que nous devons d'être arrivés sains et saufs à Say. C'est un devoir pour moi de rendre hommage à Barth ; c'est un devoir pour moi non seulement de rappeler les souvenirs que Barth a laissés, mais encore de dire quel homme, quel caractère devait être Barth pour que, quarante ans après son passage, il ait eu une influence si grande par ses qualités de cœur, que tout le monde s'en souvienne encore et que son souvenir puisse protéger le deuxième Européen qui passe après lui. On a eu des succès quelque peu faciles, en voulant infirmer quelques points de détail du dire du voyageur allemand. Il faut rendre justice à tout le monde, même à ses rivaux. Je souhaite qu'on trouve, même en France, des voyageurs comme Barth. On ne peut pas dire que c'est un voyageur de tel ou tel pays, mais un pionnier de l'humanité !

Immédiatement après avoir quitté les Countas, nous entrons chez les Touareg. J'en dirai tout à l'heure tout le bien que j'en pense. Mais, les Igouadaren, les premiers avec lesquels nous

entrions en contact n'ont, comme la plupart des petites tribus, que certains traits des Touareg. Les défauts de race ne se sont pas atténués chez eux mais, en revanche, les qualités ont plus ou moins complètement disparu, et les Igouadaren, par exemple, ne rachètent pas leurs défauts par les qualités que nous retrouverons tout à l'heure chez les Aouellimidden. Il est à désirer qu'on les tiennent toujours serrés.

Je me souviens qu'un frère du chef de village de Tosaye me dit : « Depuis que vous êtes à Tombouctou, les Aouellimidden n'osent pas venir. Autrefois, nous étions maltraités, mais au moins quand Madidou venait, on pouvait lui demander justice, et on l'obtenait. J'ai connu un chef de tribu qui fut traîné pendant une journée, attaché à la queue d'un cheval, parce qu'il avait pillé un chef noir. Madidou voulait d'abord l'exécuter, et c'est seulement grâce aux supplications de sa suite qu'il l'a épargné.

Nous traversâmes sans grand encombre les Igouadaren, mais, au fur et à mesure que nous avancions, étant donné que c'était le mois du ramadan, où les passions sont surexcitées, nos relations devenaient de plus en plus difficiles avec les habitants. A notre arrivée à Tosaye, nous étions suivis depuis un certain temps par une bande de cinquante cavaliers paraissant animés de dispositions peu aimables à notre égard. A notre arrivée, tout était en révolution ; les chérifs eux-mêmes, étaient armés jusqu'aux dents de lances, de poignards, dont ils étaient incapables de faire usage. Nous arrivâmes cependant à entrer en relations, chose importante, car un peu plus loin, nous avions à franchir un passage difficile, dont je vous entretiendrai, dans la deuxième partie de cette conférence ; et le bruit courait qu'à un étranglement du fleuve, une véritable armée nous attendait pour nous anéantir. Le chef du village Salla ben Kara, avait accompagné Barth pendant une partie de son voyage. Je connaissais cette particularité, et je fis intervenir le souvenir de mon oncle. Je donnai comme preuve le nom de la cuisinière d'El-Bakay, elle s'appelait Diko ; je l'avais lu dans son ouvrage. Il n'oubliait rien, pas même le nom de la cuisinière qui l'avait traité pendant six mois ! Il était, dès lors, impossible de nier ma parenté, d'autant mieux que d'après une légende, le fils de Barth devait revenir avec trois bateaux. Or, j'avais trois bateaux. Salla ben Kara le compagnon de Barth, ne pouvait douter de ma véracité. Il m'envoya dire qu'il ferait son possible pour que nous soyons bien reçus. Il m'adressa des vivres et un guide, et nous pûmes nous remettre en route. Des cavaliers en armes

nous avaient suivis. L'un d'eux, se détachant, vient sur le bord du fleuve et me remet une lettre, qui était une déclaration de guerre en bonne et due forme. Younès, chef des Kel Bouroum, nous écrivait que sa religion lui défendait d'entretenir avec nous des relations d'amitié, et qu'il nous fallait nous en retourner, ou qu'alors c'était la guerre. Mais, pour faire la guerre, il faut être deux et je n'en voulais pas. Avec un fleuve et des bateaux il n'y avait qu'une chose à faire : c'était bien simple, continuer sa route. Nous le fîmes. Un bateau n'est pas, comme une caravane, subordonné aux exigences des gens ; il peut franchir les points où il est mal reçu, et chercher d'autres pays plus hospitaliers. Là où une tribu, même petite, mais dont on aurait eu un peu de mal à se défaire par la force, empêche un voyageur par terre de passer, on l'oblige à faire usage de ses armes, franchir les obstacles, sans être forcé de tirer des coups de fusil. J'estime comme un des plus beaux résultats, comme un des résultats dont je suis le plus fier, d'avoir pu passer pacifiquement, sans que notre expédition ait coûté la mort d'un homme. Je ne prétends pas que rien qu'avec de bonne paroles, on puisse arriver à étendre la domination de la France sur une si grande étendue de pays. A mon avis, cela irait bien à peu près tant que nous n'aurions pas à nous établir malgré les indigènes, et surtout tant que nous ne voudrions pas empêcher les gens de ce pays d'être musulmans et de faire des esclaves. Mais, ce jour-là seulement, il faudra employer la force. Une mission exploratrice n'est pas faite pour faire la guerre ; malheureusement, tout le monde ne l'a pas compris ; et une mission qui n'est pas pacifique laisse derrière elle un sillon sanglant ; elle accumule sur son passage la haine des gens qui ont à venger la perte d'un des leurs, et qui se vengent sur les Européens qui suivront.

Nous continuâmes notre route, suivis de cette tribu hostile, pendant deux jours et demi, lorsque, à 25 *km* au-dessus de Gao, nous vîmes arriver du Sud un messager qui vint les trouver et leur dit quelques mots. Tout se dispersa ; le messager seul resta sur le bord du fleuve, sur sa lance, immobile, à nous regarder passer. A partir de ce moment-là, toute la rive droite du fleuve devint libre. La rive gauche resta toujours calme à notre égard.

Je viens de vous exposer de très belles théories, parfaitement logiques et que je m'applaudis d'avoir suivies ; je vous avoue toutefois qu'à certains moments, j'avais grande envie d'y manquer pratiquement et, si je n'avais eu pour guide éclairé le Père

Hacquart, qui est ici, elles seraient restées à l'état de théories. Bien des fois, j'ai mis ces indigènes au bout de mon fusil ; mais, en définitive, je me suis abstenu de tirer, et j'ai bien fait.

En arrivant à Gao, les rives étaient couvertes de guerriers Touareg armés, à pied, à cheval, à chameau ; il y avait là 1 500 à 2 000 combattants.

D'autre part, les indigènes noirs paraissaient avoir peur ; entassant dans leurs pirogues leur famille, ils se sauvaient. Nous eûmes grand mal à décider l'un d'eux à s'approcher pour entrer en relations. Il nous dit que Madidou se trouvait à Gao avec une forte troupe, et que l'on craignait beaucoup une action de la part des Kel Agor, qui est une grande tribu, ennemie des Aouellimidden. La vérité, c'est que ces troupes étaient réunies à notre intention, depuis que j'avais fait prévenir Madidou de notre intention d'aller chez lui ; on lui avait de notre part exposé nos intentions pacifiques, mais il avait prudemment pris des mesures défensives. J'envoyai un émissaire le trouver, demandant à entrer en relations avec lui. Il nous renvoya son forgeron. Les forgerons constituent une caste spéciale, qui est la main droite des chefs Touareg. J'exposai que maintenant nous étions à Tombouctou, que nous n'avions pas l'intention d'aller plus loin dans le pays, que nous ne voulions pas le leur prendre, que nous ne voulions rien changer à leur mœurs ni à leurs coutumes et que nous voulions avoir des relations de commerce et d'amitié avec eux. Mais, il était nécessaire de savoir à quoi nous en tenir, car ils étaient, et nous le savions, forts. De leur côté, ils ne pouvaient pas dire que ne l'étions pas. Si nous laissions ainsi les choses, si nous restions sans nous entendre c'était mettre le feu à côté de la poudre, et un incident pouvait amener une rixe et la guerre. Si, de notre côté, nous ne la désirions pas, ils avaient peut-être encore plus que nous à la craindre. Je demandais quelle était leur intention à notre égard.

Madidou me répondit que, puisque je venais ainsi envoyé par le Sultan des blancs, non seulement il n'était pas fâché, mais qu'il était content, parce qu'il n'osait plus venir à Tombouctou depuis que nous y étions, mais si, à Tombouctou, on leur disait les mêmes choses que moi, ils ne demandaient qu'à y aller. Quant à nous, il nous faisait dire que, jusqu'à Say, je ne trouverais que le bien tant que je resterais dans ses États : « Le mal, s'il te vient, te viendra du ciel ; la terre j'en réponds », et je puis dire que, jusqu'aux limites de ses possessions, il a tenu sa parole.

Cette loyauté dans la parole donnée est une caractéristique des Touareg. Je veux vous donner quelques détails sur ce que sont ces gens-là, de façon à détruire cette opinion faussement répandue en France, que les Touareg sont des gens bons à rien, des gens dangereux, qu'il faut chasser, repousser, et détruire, si l'on peut. Cette façon de procéder, applicables aux lapins d'Australie, serait peut-être imprudente à appliquer aux Touareg, parce que ces lapins-là se défendraient. Ils sont répandus sur de grands espaces, mais où Madidou pourrait s'il voulait et s'il fallait défendre sa liberté, mettre vingt mille guerriers sur pied, sans parler des noirs. Mais les noirs ne sont plus guère que des bestiaux. Il se passera longtemps avant que la race se relève de l'état d'anéantissement dans lequel elle se trouve. Elle a lutté contre les Touareg ; elle a même commencé la lutte, puisque, quand les Touareg étaient tranquilles, ce sont les Sonrays qui sont allés les chercher. Les Touareg, alors refoulés vers les montagnes de l'Adrar, ont repris courage et énergie, sont revenus sur les Sonrays et ont anéanti leur puissance. Si nous chassions les Touareg il en arriverait autant ou du moins, à chaque instant, ils reviendraient à l'incursion, et jamais, étant donné la façon dont ils procèdent, jamais les villages protégés ne seraient, avec eux, certains d'un instant de repos. Nous l'avons bien vu à Tombouctou, avant qu'on ait suivi une politique intelligente et honnête ; car, promettre la protection aux gens et les laisser massacrer, comme on l'a fait, ne me paraît pas une honnêteté. Je ne dirai pas que nous n'avons pas voulu. Les Kel Antassar, venaient piller jusqu'aux portes de Tombouctou et blesser un officier à 40 *m* d'un poste de quatre cent cinquante hommes ; et quand nous voulions aller dans la brousse, les Touareg avaient disparu. On avait bien le droit d'aller jusqu'à 15 *km*, mais dans ce rayon il était impossible de les atteindre.

Les Touareg ont un grand défaut moral, c'est d'être pillards. Ils pillent, sont pillés, pilleront ou seront pillés : c'est la caractéristique de tous les nomades, et surtout des Touareg, où ce défaut est plus développé que chez les Arabes. Ce pillage demande encore un certain courage. Les Touareg ne s'attaquent pas à des gens désarmés ; les Touareg ne massacrent pas leurs prisonniers : le pillage est, chez eux, une des formes de la guerre, et ils ont un mot pour le désigner. Deux tribus en guerre ne le sont que par suite des razzias qu'elles se font subir. Les Touareg, au contraire, sont aussi peu voleurs que possible. J'en avais 50 ou 60

sur le bateau, où j'avais des masses de perles un peu partout, jamais ils n'en ont volé une seule. Le vol, qui consiste à prendre quand on n'est pas aperçu, est honni par les Touareg. Mais, ce qu'ils ont de bon, c'est leur grand respect pour la parole jurée. Un de leurs proverbes les plus en cours est celui-ci : « Ne promets jamais que la moitié de ce que tu peux tenir ».

On a dit que les Touareg s'opposeront au passage des caravanes, au commerce. Mais, précisément, il désirent voir le commerce s'établir chez eux. Ceux qui sont sur les bords du Niger ont bien des droits qui les alimentent ; mais, les autres n'ont absolument pour se nourrir que le droit de douane qu'ils prélèvent sur les caravanes qui passent dans leur pays. Au contraire, ils formeront une protection contre les batteurs de route, contre les malandrins, qui existent là comme sur les boulevards extérieurs. Ce qui montre combien cette accusation, d'être une entrave au commerce est fausse, c'est leur dicton. « On ne casse pas l'écuelle dans laquelle on mange ».

Quant à leur façon de tenir parole, vous en jugerez vous-mêmes. Toutes ces qualités, je suis heureux de le dire, sont dues à l'influence de la femme. La femme occupe, dans la société Touareg une place qu'elle n'occupe nulle part à un même degré, dans aucune des populations pas ou peu civilisées que j'ai rencontrées. La femme Touareg a conservé une écriture, la plus ancienne du monde, l'écriture tamaschek ; et, dans les longues journées passées sous la tente, elle enseigne à ses fils, et surtout à ses filles, cette écriture avec laquelle elle compose des vers, des chansons qu'elle leur chante en s'accompagnant sur un violon à une seule corde ; elle excite les guerriers au combat, et rien ne produit plus d'effet sur les Touareg que ce cri : « Eh bien ! vous vous enfuiez ! Il n'y aura pas de violon pour vous ! » C'est une insulte qui les ramène au combat. Les chefs des Aouellimidden sont particulièrement valeureux : sur une quarantaine, il y en a une moitié qui sont morts à la guerre, en combattant à la tête de leurs colonnes. Et cela ne se rencontre dans aucune population noire du Soudan, où chaque chef, qu'il s'appelle même Samory, se tient derrière ses hommes, et, s'il est battu, est toujours le premier à s'enfuir. Le chef Touareg est toujours au premier rang, au poste le plus périlleux.

Au point de vue commercial, je crois donc qu'on pourrait intéresser les Touareg à nos efforts de pénétration, en leur demandant beaucoup de garanties, contre les malandrins qui sont nom-

breux chez eux. (Du reste, en venant par le fleuve, on peut toujours mettre un fossé d'eau entre le danger et soi). Il y a tout avantage à faire ainsi, et par leurs caravanes, on pénétrera jusqu'au centre africain. Ma conviction est que, si on poursuit cette façon d'agir avec prudence et suite dans les idées, c'est par les Touareg que nous pourrons aller de l'avant et que nous réunirons nos deux grandes colonies de l'Algérie et du Soudan français.

Nous quittâmes Gao et poursuivîmes notre route jusqu'à Ansongo. A Ansongo sont les premières difficultés de navigation sur lesquelles je m'étendrai tout à l'heure plus en détail. Nous les franchîmes avec l'aide des Touareg. Les Kel-è-Souk qui avaient été nos ennemis jusque-là, nous reçurent d'abord fort mal, puis tout s'arrangea. Nous passâmes Ansongo, et nous arrivâmes au village de Fafa. Là, nous trouvâmes le neveu de Madidou venu nous renouveler le dire de son oncle. Il nous laissa une trace écrite de la convention conclue avec eux, dans une lettre vérifiée par le père Hacquart, que j'ai pu rapporter en France.

A partir de Fafa commencent, à proprement parler, les rapides très dangereux du Niger. Le premier, c'est Fafa. Je ne m'attarderai pas à vous dépeindre chaque passage de rapide, étant donné que pendant un mois, nous en avions quatre ou cinq par jour. Je parlerai seulement du passage du premier. Nous marchions, pilotés par une pirogue. Tout à coup nous sommes entraînés par un courant de 5 *m*; on entend le bruit de l'eau qui tombe, et, au détour d'un coude, nous voyons le fleuve barré sur toute sa largeur par une muraille de rochers, ne laissant au milieu qu'un passage de 60 *m* de largeur, au milieu duquel se trouve encore un écueil. Nous arrêter, aller à la dérive, impossible ! Nous étions je l'ai dit, entraînés pas le courant : force était de passer. Je me lance avec le *Jules-Davoust* pour gagner la passe ; le plus petit des trois chalands qui marchait derrière moi, touche un moment sur l'écueil du milieu, et le gros, le *Aube* commandé par mon second, M. Baudry, pour ne pas tomber dessus, et se perdre tous les deux, est obligé de mouiller en plein courant, ses deux ancres, avant et arrière. Mais, le courant avait une violence telle que, prenant le bâtiment en travers et les amarres tirant dessus, nous avons a craindre que le bâtiment ne chavire. Je lui envoie du secours. Dans la manœuvre pour se dégager, le gouvernail se brise ; il faut couper l'aussière. Heureusement, il put passer non sans talonner sur la roche milieu. C'est le premier rapide de Labezenga ; il y en a quatre comme cela, et le premier est le plus facile.

Au second, ce fut mon tour. D'abord, pendant une journée, nous avons cherché la passe sans la trouver on ne voyait pas un endroit par où on pouvait supposer qu'un bateau passerait. Enfin, nous en trouvons une ; le *Davoust* fait le premier la manœuvre mais tombe sur un écueil qu'on n'avait pu voir dans le clapotis, une voie d'eau de 40 *cm* de longueur se déclare. Nous avons marché tout le temps avec des miracles. Ce jour-là il en fallut trois pour nous sauver; d'abord nous sommes montés sur la roche, et le bâtiment est resté soutenu par la roche qui l'avait crevé ; si nous avions eu un peu moins de vitesse, le bâtiment coulait à pic.

En second lieu, c'est juste dans ma chambre que la voie d'eau s'est produite, c'est-à-dire dans un endroit accessible

En troisième lieu, mon domestique se trouvait, bien par hasard dans ma chambre, et il put boucher spontanément la voie d'eau avec son vêtement. Cela suffit pour que nous puissions nous dégager, aller à la côte et boucher le trou avec des planches et du mastic.

Ce qui donne à réfléchir, c'est de voir, au-dessous des passes, de grands caïmans qui vous guettent à la dérive, et qui allongent sur l'eau leur grande gueule ; si nous avions chaviré nous serions certainement devenus la proie de ces monstres. Ils attendent là le poisson étourdi, mais je suis convaincu qu'ils n'auraient pas dédaigné la viande, si elle était passée à leur portée.

Notre voyage s'est poursuivi. A Ayorou nous trouvons une très grande vallée; le fleuve devient un enchevêtrement extraordinaire de petits bras qui ont 10 ou 15 *m* de largeur, et par l'un desquels il faut passer; dans ce véritable labyrinthe il faut absolument des guides pour se diriger: Il y a neuf routes qui aboutissent à des chutes; la dixième contient seulement des rapides. Mais les habitants, qui, jusque-là très sympathiques, nous avaient toujours fourni des guides sans se faire prier, car nous les payions bien, devenaient au fur et à mesure que nous approchions de Sinder, peu disposés à nous en donner. On sentait de la méfiance presque de l'hostilité : c'est que, jusque-là nous avions été protégés par le souvenir de Barth, qui était passé à sa façon, et qu'un peu plus loin, d'autres que lui étaient passés plus tard, et différamment. A Sinder, nous reçûmes la visite de Bokar-Ouandieidou, chef des Logomaten, ou plutôt la visite de son forgeron, qui nous expliqua, d'ailleurs sans mettre le moindre détour, que les Logomaten, quelques jours auparavant, s'étaient réunis avec la

population noire, pour nous attendre, pour nous écraser au passage. Juste à ce moment (cela a été confirmé par le messager lui-même), Madidou avait envoyé un messager donnant l'ordre, non seulement de ne nous faire aucun mal, mais encore de nous bien traiter. Le chef avait obéi à Madidou. Il nous fit dire : « Nous lui obéissons toujours ; il a dit qu'on te reçoive et qu'on te protège, nous te recevrons et te protègerons. Fais attention plus bas, quand tu arriveras chez les Toucouleurs ; car chez nous, tu n'as rien à craindre ». L'envoyé de Madidou n'était autre que le fils de ce marabout d'Ansango, lequel avait voulu nous convertir. Il entreprit surtout le Père Hacquart. Il nous prenait par les sentiments ; disant : « Vous comprenez, nous voilà amis, nous nous sommes à peine entrevus, mais je sais que nous nous aimons ; vous nous aimez, nous vous aimons beaucoup, nous ne nous reverrons probablement plus sur cette terre, si nous n'avons pas la même religion, — vous avez votre ciel et votre enfer, — nous ne nous retrouverons pas. Suivez la même religion que nous, nous pourrons nous retrouver plus tard dans le paradis de Mahomet, pour renouer nos bonnes relations.

Les Toucouleurs, qui ont été chassés du Ségou d'abord, de Nioro ensuite, plus tard du Macina, sont venus s'établir à Dounga, un peu au-dessus de Say. La puissance d'Ahmadou est bien diminuée : il n'a plus que 500 à 800 hommes, comme Toucouleurs, mais il a su mettre avec lui les noirs de Say et des environs, et cela d'autant plus facilement qu'il leur a été un gros appoint pour le métier que font tous les chefs musulmans, celui de chasseurs d'esclaves. Ahmadou s'est fondé un royaume. Le chef de Say le suit, et quand bien même, à l'heure qu'il est, la présence d'Ahmadou ne serait pas dangereuse pour notre Soudan, elle peut le devenir, car à côté d'Ahmadou, il y a Samory et ils sont en relations continues. Samory, lui, on l'a eu trois fois à portée de la main et trois fois on n'a pas voulu le prendre; et trois fois on a répété : Qu'est-ce que racontent ces militaires qui vont au Soudan pour chercher de la graine d'épinards? Samory n'existe pas, et s'il existe, il faut aller chez lui pour traiter. On a fait sept fois l'expérience; il a du reste bien répondu; il s'est fait donner des cadeaux et de l'autre côté renouvelait ses relations avec les colonies anglaises; il a acheté des fusils, et quand il a été armé, il nous est tombé dessus. Enfin, même si nous étions arrivés à nouer des relations amicales avec Samory, il serait indigne d'une nation comme la nôtre, généreuse et cheva-

leresque, de s'allier avec lui, qui fait la chasse des esclaves et détruit 300 000 noirs par an, dans les conditions que seuls peuvent savoir les gens qui ont vu les villages détruits. Quand Samory prend un village, il n'est pas question de politique: c'est uniquement pour avoir de la chair humaine à vendre. Tout le déchet, les vieillards, les enfants trop jeunes, les femmes trop vieilles, les adultes mêmes, infirmes ou trop faibles, sont tués; les autres sont exportés; deux sur trois meurent en route avant d'arriver aux marchés où on les vend. Et dans les prises de villages par ces gens fanatisés, il faut voir les oreilles des femmes arrachées pour avoir les boucles d'oreilles, les bras coupés pour avoir les bracelets. Je dis que si la France faisait alliance avec l'individu qui exerce, à sa plus puissante expression, l'esclavagisme dans le Soudan, il faudrait qu'elle eût abandonné toutes ses idées de générosité, toutes ses traditions de grandeur et d'humanité. Je suis certain que vous serez d'avis, comme moi, que nous ne devons pas faire alliance avec Samory, mais que nous devons le poursuivre comme une bête fauve, comme une bête féroce qu'il est.

Ahmadou n'ayant pas réussi à pousser les Touareg contre nous, fit de sages réflexions, se contenta de nous observer et ne se livra à aucune hostilité. Nous arrivâmes à Say, et là, le chef du village, lié à nous, antérieurement, par des traités formels, nous donna deux jours pour quitter son village. Je lui répondis que mon chef, autrement puissant que lui, m'avait dit de rester là, que je resterai là tout le temps que je croirais nécessaire; que s'il n'était pas content, il n'avait qu'à me mettre dehors. Nous débarquâmes dans une île. Je suis heureux d'avoir pu, à cette occasion, comme chef de mission, témoigner à mon ancien chef les sentiments de reconnaissance que j'ai acquis pour lui pendant les quatre ans que j'ai été sous ses ordres, en donnant à notre établissement le nom qui, j'en suis persuadé, lui restera, de fort Archinard.

Nous restâmes cinq mois et demi au fort Archinard. Le fleuve était bas. De plus, des instructions primitives nous avaient prescrit d'attendre des ordres à Say, si on devait nous en envoyer. Nous n'eûmes guère qu'une fois un grand danger à courir : Ahmadou chercha à armer tout le monde contre nous, mais il ne réussit pas, tout ce monde-là brillant surtout par la lâcheté. Une seule fois, il réussit à former une colonne, sous prétexte de faire la chasse à l'esclave; mais j'appris que ses intentions

étaient de fanatiser les 2 000 hommes qu'il avait réunis, par des artifices de marabout, et de les jeter sur nous à l'improviste. Cela leur aurait été d'autant plus facile que nous ne nous défiions guère et que nos hommes étaient en train de couper dans la brousse du bois pour faire des avirons. Mais, prévenu, je me mis sur la défensive. Les gens du pays, instruits de ce qu'on voulait leur faire faire, ayant peur des coups, rafraîchis par les tornades qui leur tombaient sur le crâne, se dispersèrent. C'est le seul danger imminent que nous ayons couru. Mais, à cette époque, dans les environs du 14 juillet dernier, nous étions en pleins préparatifs de défense. Notre île était devenue une presqu'île, par la baisse des eaux; contre 2000 hommes réunis à 10 *km*, nous étions 35, en comptant trois enfants. Nous avons passé quelques nuits très désagréables; mais tout s'est bien terminé, sans effusion de sang, et le 15 décembre, nous avons pu repartir et achever notre descente du Niger.

Le 15 septembre, à Say, les eaux étaient presque entièrement hautes. Nous nous mîmes en route. Nous n'eûmes pas de trop grosses difficultés, de Say à Tchakatchi; bien que le fleuve soit assez navigable, il y a des roches dangereuses dont il faudra tenir compte, d'autant plus que, comme nous sommes passés aux plus hautes eaux, notre carte ne peut avoir la même valeur que celle d'en amont, où nous étions aux basses eaux.

Nous traversâmes ce pays qui, avec le Kebbi, constitue comme une confédération. Le Kebbi a été mis sous notre protectorat par un traité, par le colonel Monteil; le chef de Kebbi s'en souvient parfaitement et pour cause. Il est cet enfant que Monteil a gueri d'une affreuse blessure à la jambe. Il ne demande qu'à être soutenu contre les marchands d'esclaves. Les habitants du Kebbi n'ont aucune espèce de liaison avec Sokoto, Le Kebbi, le Gando doivent être pays français. J'espère que notre diplomatie n'oubliera pas le traité de Monteil et ne va pas se rendre aux idées des Anglais qui voudraient englober ces pays comme appartenant au Sokoto, ce qui a toujours été, et aujourd'hui plus que jamais, un affreux mensonge.

Puis recommença pour nous la série des rapides, et avec elle des incidents analogues à ceux qui s'étaient produits plus haut. Les indigènes nous recevaient bien, nous fournissaient tout ce que nous voulions; une seule chose nous était refusée : des guides. Nulle part nous n'avons pu trouver de guides. Par surprise, seul, à l'insu des chefs, un vieux peulh

a bien voulu nous accompagner, depuis son village jusqu'à Boussa. Partout, tant que nous ne demandions pas de guides, les relations étaient bonnes. A Boussa, nous attendîmes quatre jours, sans pouvoir nous en procurer un. Il y avait deux choses à craindre, en approchant du territoire de la Compagnie, l'une, l'hostilité des Anglais, et l'autre, bien plus à redouter, leur bienveillance. Un capitaine avait l'ordre de venir à notre secours avec 100 hommes, dès que nous serions signalés; la Compagnie du Niger pensait se donner ainsi les gants de nous avoir sauvé la vie. En France, on n'aurait pas manqué de les remercier, sans avoir demandé avis. C'est un peu notre gloire, de n'avoir pas eu à remercier.

Sans guide, nous avons dégringolé les rapides. Les rapides de Boussa sont plus effrayants, à la descente, que dangereux, parce qu'il y a beaucoup d'eau. Cette eau se précipite en tourbillonnant; les eaux, butant contre les rives, se soulèvent, et c'est un spectacle plutôt émotionnant, de se voir dominé de 1 *m* à 1,50 *m* par l'eau, à droite et à gauche, alors que le bâtiment suit le sillon au milieu. On le sent qui craque presque sous la pression de cette eau comprimée dans le chenal; et on tombe là-dedans avec une vitesse de 12 à 14 nœuds! On passe comme un éclair; mais en ayant tout de même le temps de se dire que, si par malheur on touchait à une roche, on serait fendu de la proue à la poupe, sans aucun espoir de sauvetage. Nous sommes passés dans un endroit où les pirogues ne passent jamais. Les indigènes déchargent les pirogues et vont alors, par de petits chenaux, où nous n'aurions pas eu la largeur nécessaire. Dans le chenal central, nous sommes les premiers. Nous avons produit un grand étonnement et notre vieux guide a failli mourir de peur au moment où nous nous sommes engagés dans ce chenal. Il avait passé une seule fois Boussa et vingt ans auparavant! La chance nous favorisa, sauf au dernier rapide, où une fausse manœuvre faillit amener la perte d'un de nos chalands.

Nous arrivons à Léaba; au-dessous se trouve Badjibo. Là, étaient des postes anglais, avec des garnisons l'influence de la Compagnie du Niger sur les populations était très précaire, à notre passage. Ils ont mené grand bruit autour de leur expédition de Bidda; ils l'ont prise; mais, je crois que leurs difficultés ne sont pas finies. L'Angleterre commence à entrer en guerre avec les populations musulmanes, nous en étions là il y a vingt ans et cettte guerre ne se fera pas sans grosses difficultés; ce ne sera

pas la Compagnie royale du Niger qui pourra la terminer. L'Angleterre sera forcée de venir au secours de la Compagnie, et elle fera passer les territoires de la Compagnie du Niger sous le protectorat de la couronne d'Angleterre.

Je n'ai pas eu à me plaindre de la Compagnie du Niger ; les officiers ont été très bien ; les agents de l'administration ont été convenables, sans rien de trop. Il y a quelques points où leurs procédés n'ont peut-être pas été très aimables ; mais, étant donnée la façon dont ils ont usé avec mes prédécesseurs, ils ont fait de grands progrès. Il faut leur en tenir compte, ne pas les décourager, espérer qu'ils continueront, et que ce pays, le plus inhospitalier de l'Afrique, où flotte le pavillon de la Compagnie du Niger, finira par entrer dans les voies de la civilisation.

Le protectorat des Bouches du Niger est le frère ennemi de la Compagnie Royale. C'est par là que nous arrivâmes à la mer, à Warri.

Notre voyage terminé, nous prîmes le paquebot, et nous rentrâmes en France.

Voilà la suite des événements qui se sont passés en cours de route. Je voudrais maintenant, je vous demande pardon si je suis un peu technique, si je rentre dans une question qui semble moins intéressante, moins amusante, mais qui importe plus à l'avenir du pays, je voudrais tâcher de déterminer ce qu'on peut tirer des résultats que nous avons pu obtenir, et également de ce que nos prédécesseurs ont fait.

Deux questions se posent. D'abord, faut-il aller au Soudan? En second lieu, comment, par où faut-il y aller?

A la première question je répondrai : oui, il faut y aller, et, à deux points de vue, on peut le démontrer :

Le premier, celui que je considère comme le moins important, c'est le point de vue utilitaire. On dit : Qu'est-ce qu'il y a, au Soudan? Qu'en rapporterez-vous? Qu'est-ce que vous y allez faire? Il y a une cinquantaine d'années, on en disait autant de l'Algérie! Ce qu'il y a à faire au Soudan, je vais vous le dire, je vais énumérer les principaux produits que nous pouvons exporter, et alors tout le monde sera de mon avis. Il y a là des matières premières à exploiter qui augmenteront la richesse de la France.

Un arbre, qu'on appelle karité donne un fruit où se trouve une matière grasse, qui sert aux indigènes, de beurre, et avec lequel ils préparent leurs aliments. Cette matière-là peut avoir

une certaine importance. Il y a sept ou huit ans que j'en envoie des échantillons en France, pour les faire analyser, mais jamais on n'en a parlé.

Quand je suis arrivé à la Compagnie du Niger, j'ai regardé dans les magasins, j'ai vu que tout le commerce consistait en un peu d'ivoire et en beaucoup de karité ; ils l'achètent 250 *f* la tonne et en font du chocolat. S'il est prouvé que cette matière peut être utilisée pour confectionner quelque chose qui se mange, chocolat ou aliment analogue, appelons-le comme nous voudrons, mais en l'exploitant nous aurons augmenté la richesse de la France, et celui qui ne pourra pas se payer du chocolat, pourra se payer du karité, qui sera aussi nutritif.

Il y a, à côté de cela, la gutta. On la cherche partout; au Soudan, il y en a des quantités; elle reste là, et personne ne s'en occupe. J'en ai rapporté un échantillon. Au dire de M. Leblanc, mon professeur d'électricité à l'école des torpilles, la gutta du Soudan aurait un pouvoir isolant bien supérieur à celui de la gutta-percha.

Le caoutchouc. Si vous tracez, sur la carte, une ligne de Kayes à Kangaba, tout le côté Nord est le pays de la gutta, et le côté Sud est le pays du caoutchouc. J'ai acheté un échantillon de caoutchouc, dans le Sud, à 5 sous le kilogramme à Kouroussa.

La cire. C'est encore une matière susceptible d'utilisation. Tous les indigènes ont des ruches en grande quantité, car, avec le miel, ils font une boisson qu'ils appellent dolo, l'hydromel de nos pères. Ils boivent cette liqueur, et même s'en enivrent. La cire est un produit intéressant.

La laine. Dans le Macina, il y a des moutons superbes, avec des toisons abondantes. J'en ai envoyé un échantillon en France.

Les peaux. Tout le pays des environs de Tombouctou est rempli de troupeaux de moutons sans laine, parce qu'il y a de grandes épines qui arrachent la laine du dos des moutons, à leur passage. Il y a aussi des bœufs superbes.

La gomme existe en grande abondance aux environs de Tombouctou ; il en vient sur le Sénégal, amenées par des caravanes de chameaux.

Le coton pousse sans soins, au Soudan. Les champs de coton sont abandonnés. Le coton tombe à terre et se reproduit de lui-même. Il suffit aux naturels de récolter le coton dont ils ont besoin.

La soie végétale, qui a été essayée à Lyon, se trouve dans la graine d'un arbre, le doundoul, elle pourra prendre une valeur de 15 à 20 francs le kilo.

L'indigo, l'ivoire sont en grande abondance au Soudan. J'ai vu des défenses d'éléphants en quantité, à des prix très inférieurs.

L'or. Il n'y a pas trop à compter sur ce produit, comme source de richesse pour un pays. Mais, il peut appeler les émigrants. Les tentatives d'exploitation qui ont été faites ont été malheureuses. Mais elles furent pratiquées dans les pays où il y en a peu. Je crois que, du côté du Bourré, il y a plus à faire. Mais, je recommanderai, si quelqu'un avait l'intention d'aller là-bas, d'apporter la plus grande prudence, parce que je ne crois pas que les gisements d'or seraient susceptibles d'un rendement rémunérateur.

Les plumes d'autruches. Autrefois, on élevait les autruches. Mais, depuis que ces pays ont été bouleversés par les guerres, cela a cessé. L'élevage dans les îles du fleuve pourrait reprendre.

Enfin, dernier produit : il y a beaucoup de safran et certains produits végétaux peuvent être utilisés comme condiments.

Vous voyez donc qu'on ne peut pas dire que le Soudan ne produit rien. J'ai cité les principales choses, je ne suis pas spécialiste dans ces questions-là, je n'ai pas autorité pour en juger, je ne suis ni commerçant, ni géologue, ni botaniste. Mais toutes ces choses-là, nous les avons rencontrées au Soudan ; nous les avons touchées et vues de nos yeux, et personne ne peut dire le contraire. Il s'agit d'aller les exploiter. J'espère qu'on le fera.

Voilà pour la question utilitaire; mais, à mon avis, il est autre chose de plus important : c'est la marche en avant, l'idée civilisatrice, chez ces races noires. On les croit incapables d'aucun effort. C'est une erreur.

En 1842, les noirs faisaient seulement, avec l'arachide, une sauce pour leur couscous. On a trouvé que ces arachides pouvaient être utilisées en Europe. En 1852, on en a exporté 722 *kg*. On a montré aux indigènes la manière de les cultiver; on leur a donné un instrument avec un grand manche ; ils ont gratté la terre avec cet instrument; puis ils ont creusé le sol; et, en 1895, ces 722 *kg* d'arachides étaient devenus 62 millions de kilogrammes. Voilà ce que les noirs ont fait ! Qu'on ne dise pas qu'ils sont incapables d'efforts ! On les voit porter des charges de 25 *kg*. Si le noir ne fait rien, c'est que nous ne lui apprenons pas à faire. Le jour où nous lui apprendrons, il travaillera. Si le noir n'a pas besoin de grand'chose pour vivre, il est excessivement orgueilleux. Là-bas, les noires, pas plus que les blanches, ne sont à l'abri de la coquetterie; elles poussent leurs maris à leur acheter des fichus et des bracelets, qui coûtent

cher dans leur pays. Si les noirs n'en ont pas besoin pour eux, ils en ont besoin pour leurs femmes. Ils ont des instincts de luxe, et cela peut les pousser à travailler.

Autre question. Par où faut-il pénétrer dans le Soudan? Je laisse d'abord le transsaharien, car l'auteur du projet du transsaharien le fait aller sur le Tchad. Alors même qu'on prendrait Say comme limite de la zone desservie avantageusement par le transsaharien; de Soy à l'Océan, il y a une grande étendue à desservir.

Si on pouvait construire en même temps toutes les autres lignes tracées sur la carte, j'applaudirais des deux mains. Je vous assure que le Soudan est assez riche pour charger les trains. Mais il faut serrer la question. Vous savez quelles difficultés on éprouve en France pour faire aboutir les questions coloniales. Quand il s'agit de placer de l'argent dans les colonies, on hésite et on ne place pas. De plus, il y a deux questions à examiner : la question de possibilité de la voie de pénétration et la question d'opportunité.

Eh bien! de ces diverses voies, celle qui a plus d'avenir est celle de Kayes à Koulikoro. Le transnigérien proposé avait un grand inconvénient, c'est qu'il passait dans des pays qui ne sont pas encore connus. Le Bandama et le Bayel-Balevel sont absolument inconnus, au point de vue hydrographique; personne n'est allé dans ces pays. Étant donné que le capitaine Manet y est mort noyé, dans les rapides, je crois que ce n'est pas navigable. Ce transnigérien devrait être bien étudié, avant qu'on s'y engage plus avant.

On a proposé également la pénétration par le Dahomey, en se dirigeant sur Boussa. Je vous ai dit que de Boussa à Ansongo, il y avait des rapides. Pour aller à Boussa, il faudrait un énorme chemin de fer, beaucoup plus considérable que celui dont je parlais tout à l'heure; et on arrive encore à 600 *km.*d'un point où le Niger est navigable. Donc, cela ne dessert qu'un petit bout de voie navigable.

Enfin, on est arrivé à un plan qui est dangereux, et il est dangereux parce qu'il est le plus simple. On s'est dit : pourquoi ne remonterions-nous pas le Niger? Je mets de côté les difficultés diplomatiques que feront naître les Anglais pour remonter jusqu'à Léaba, parce qu'ils occupent les rives. Si nous voulions aller jusqu'au bout de nos revendications, les appuyer sur le traité de Berlin, il y a un article qui donne le moyen d'aller jusqu'à Léaba; car, on ne peut pas dire vous pouvez aller à tel

endroit, mais vous ne pouvez pas aborder à tel endroit, ni vous ravitailler. Où arriverons-nous? à Boussa. Il y a 70 *km* de Boussa à Tchacaki; mais nous avons plus haut un fleuve mal navigable, puis un fleuve absolument innavigable; plus de 1 000 *km* où le fleuve n'est pas pratiquement navigable. Les Anglais ont détruit tous leurs bâtiments en passant de Géba à Badjibo; toutes les fois qu'ils ont dépassé ce point de Géba, ils ont perdu leurs bateaux ou ont subi de graves avaries.

Reste une seule voie de pénétration pour pénétrer au cœur du Soudan : celle préconisée par Faidherbe. La solution préconisée est celle qui consiste à relier le Sénégal, à son terminus navigable, avec le Niger, et d'exploiter la partie du Niger très navigable entre Koulikoro et Ausongo. Il y a 1 700 *km*; cela n'est pas rien; cela vaut la peine qu'on fasse 400 *km* de chemins de fer pour aller le chercher.

Je ne veux pas, en ce moment-ci, parler d'une simple affirmation : j'ai dit que le Niger était navigable dans une partie et qu'il n'était pas navigable dans la seconde : les documents que j'ai rapportés le démontrent de façon qu'il ne peut rester aucun doute dans l'esprit.

D'abord, le Niger est navigable de Koulikoro à Ansongo et innavigable dans l'autre partie. De Kolikoro à Ansongo, il y a un cours de 1 700 *km* de longueur, voie très navigable, véritable mer intérieure. Il ne reste plus qu'une chose à démontrer, c'est que l'effort que nous aurons à faire pour continuer cette voie navigable et la faire aboutir à la mer, n'est pas trop lourd pour nous; il restera à démontrer combien cela coûte pour faire une voie.

Ma tâche sera terminée quand je vous aurai mis sous les yeux les documents dont je parlais tout à l'heure. Si je vous ai convaincus, je crois que vous pourrez dire avec moi que le véritable débouché du Niger, ce n'est pas Lagos : il est dans cette vieille colonie du Sénégal, il est à Saint-Louis; c'est là que, plus tard, viendront déboucher les riches produits de ce pays, que nous saurons exploiter. C'est alors que nous aurons vraiment un empire colonial, que nous pourrons appeler les Indes françaises, à côté des Indes anglaises. Un Anglais a publié un ouvrage : « La plus grande Bretagne ». Je vous demande de répandre l'idée analogue, de demander à tous de ne pas détourner votre attention de ces questions coloniales. C'est de la façon dont nous conduirons nos colonies que résultera ou que ne résultera pas la plus grande France.

EFFORTS RÉELLEMENT TRANSMIS
AU
TOURILLON DE MANIVELLE
EN TENANT COMPTE DES FORCES D'INERTIE

PAR

M. Ch. COMPÈRE

INGÉNIEUR-DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

L'étude qui va suivre m'a été suggérée par la recherche des causes de chocs anormaux que présentait une machine verticale Corliss, type pilon, construite par le Creusot et actionnant un nouveau train de tôlerie. Il est certain que les brusques variations de résistance éprouvées par cette machine, suivant que le laminoir marchait à vide ou travaillait en plein, pouvaient expliquer l'existence de ces chocs; cependant la pensée que l'irrégularité du travail n'était pas la seule cause en jeu, m'amena à examiner quelle influence avaient, à ce point de vue particulier, la force d'inertie et la pesanteur des pièces mobiles de la machine.

Beaucoup d'auteurs ont étudié cette question des forces d'inertie, plus particulièrement dans les machines à grande vitesse et surtout au point de vue de la recherche de la vitesse la plus avantageuse pour les machines à vapeur, suivant le poids des pièces mobiles.

M. Boulvin, dans son Cours de Mécanique appliquée à l'École du Génie Civil de Gand, admet en moyenne que ce poids P répond à la formule: $P = 0{,}23\, d^2$,

d étant le diamètre du piston moteur.

Dans le cas de la machine du Creusot, cette relation étant :

$$P = 0{,}525\, d^2,$$

on comprend que les forces d'inertie pouvaient alors avoir une influence plus grande.

Les efforts transmis par la bielle au tourillon de manivelle résultent de la superposition de plusieurs forces;

1° La pression exercée par la vapeur sur les faces du piston;

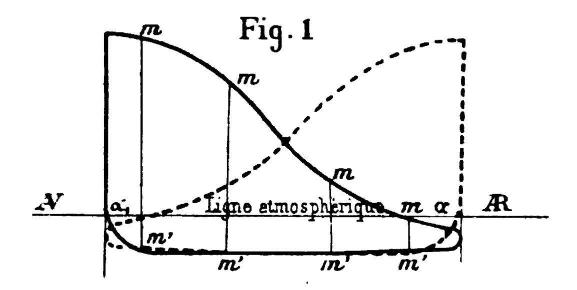
2° La force d'inertie des pièces mobiles : piston, tige de piston, traverse, bielle, piston et bielle de pompe à air;

3° Le poids de ces pièces, lorsque la machine est verticale (nous négligerons le poids de la bielle dans les machines horizontales).

Nous allons examiner successivement comment varient ces forces pendant un tour complet de la manivelle.

1° Pressions effectives de la vapeur transmises à la tige du piston.

Ces forces sont données par les diagrammes relevés des deux côtés du piston *(fig. 1)*.



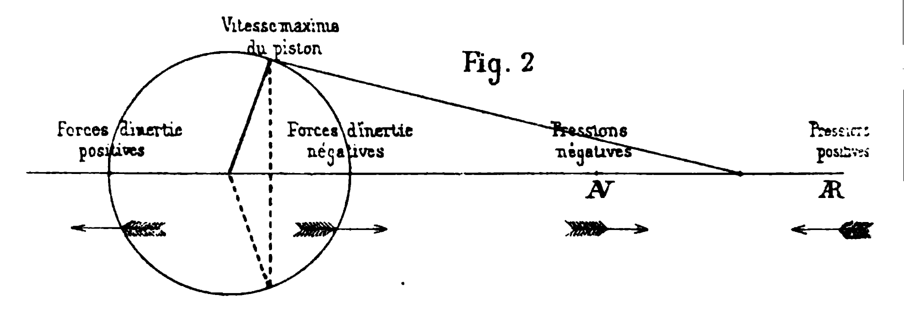
Considérons la marche de l'avant à l'arrière pour les machines horizontales.

En un point quelconque M de la course du piston, la pression transmise à la tige du piston est représentée par la différence mm' des pressions exercées sur les deux faces de celui-ci.

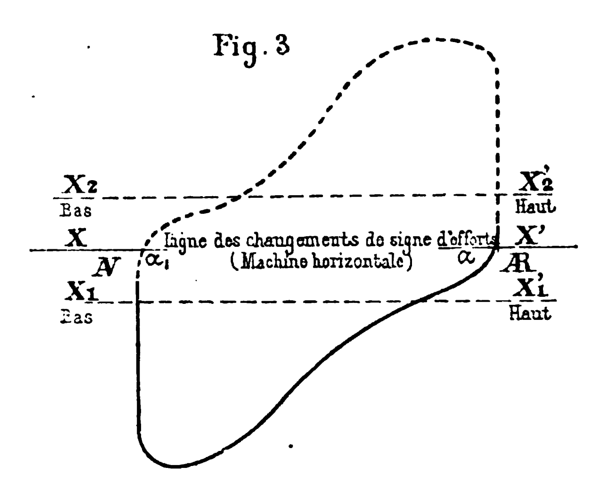
La valeur de cette force, maxima au début de la course, diminue pendant la détente; elle devient nulle au point α où se coupent les deux courbes, et enfin change de signe jusqu'au bout de la course, en augmentant brusquement au moment où commence l'admission du côté arrière du piston. Puis, le piston part en sens inverse, et la pression repasse par les mêmes valeurs que précédemment, au signe près.

Portons ces pressions résultantes, mm', en ordonnées, aux différents points de la course du piston en considérant comme positives

c'est-à-dire au-dessus de l'axe XX', les pressions dirigées vers



l'arbre de la machine *(fig. 2)* et comme négatives les pressions dirigées en sens inverse.



On obtient ainsi un diagramme *(fig. 3)* qui se prête aisément à la superposition avec les forces d'inertie.

2° Forces d'inertie des pièces mobiles.

Rappelons que la force d'inertie agit comme résistance, ou cause retardatrice, lorsque la vitesse du corps mobile croît, et qu'au contraire, elle vient en aide au mouvement lorsque la vitesse décroît.

Dans le cas d'un mouvement rectiligne, la force d'inertie est proportionnelle à la masse du corps et à son accélération; elle est dirigée en sens contraire de celle-ci et elle est de la forme :

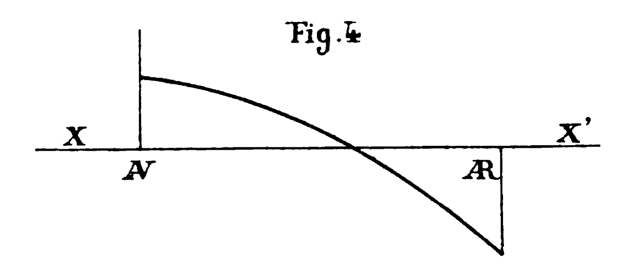
$$F = -mj.$$

Au moment où le piston part du point mort AV (*fig. 2*), sa vitesse augmente rapidement; sa force d'inertie est alors retardatrice; elle est dirigée en sens contraire de la pression de la vapeur et sa valeur absolue doit être, par conséquent, déduite de cette pression.

L'accélération de la vitesse du piston diminuant à mesure que cette vitesse approche de son maximum, ce qui a lieu vers le milieu de la course, la force d'inertie diminue elle-même; elle finit par s'annuler et change de signe lorsque la vitesse du piston décroît; à partir de ce moment sa valeur absolue doit être ajoutée à la pression due à la vapeur. Elle atteint sa valeur maxima au point mort arrière.

Pendant la course de retour les mêmes faits se reproduisent: la force d'inertie repasse par les mêmes valeurs qu'elle vient de quitter, mais en sens inverse en commençant par les dernières.

La loi des variations de cette force est représentée par une



courbe (*fig. 4*) dont les deux parties, positive et négative, c'est-à-dire au-dessus et au-dessous de l'axe XX', ne sont pas absolument symétriques à cause de l'obliquité de la bielle.

3° Influence du poids des pièces mobiles.

Dans le cas de machines verticales, il faut tenir compte du poids des pièces mobiles; ce poids s'ajoute à l'action de la vapeur qui travaille sur la face supérieure du piston et s'en retranche dans le cas contraire.

Si l'on se reporte à la figure 3, on voit qu'il suffit, pour tenir compte de ce poids, de déplacer la ligne XX' à partir de laquelle sont comptées les pressions par unité de surface, d'une quantité égale au quotient du poids des pièces mobiles par la surface du piston.

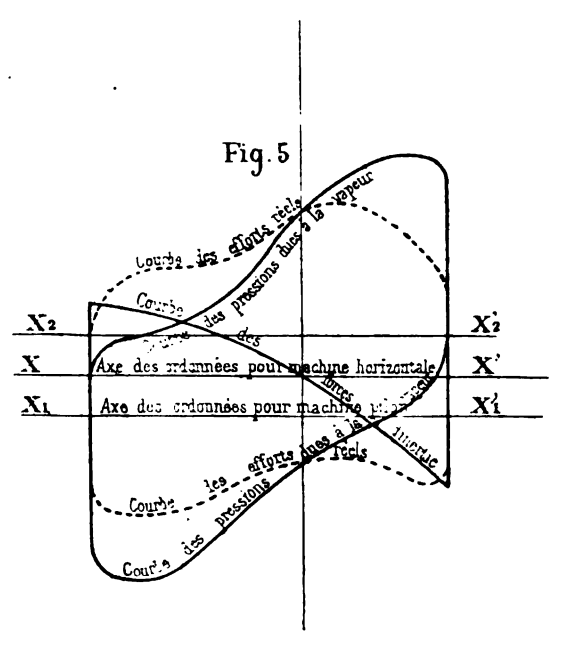
Pour le cas d'une machine pilon dans laquelle les pressions du

côté haut correspondent à celles du côté arrière des machines horizontales, c'est-à-dire sont positives et au-dessus de XX', les efforts dus au poids des pièces mobiles s'ajouteront aux pressions de la vapeur du côté haut et s'en retrancheront du côté bas; dans ce cas il suffira d'abaisser la ligne XX' qui deviendra $X_1X'_1$. Les ordonnées mesurées à partir de $X_1X'_1$ représenteront les efforts résultants de la vapeur et de la pesanteur.

Dans le cas de machines dont le cylindre est au-dessous de l'arbre, la face supérieure du piston correspondrait au côté bas du cylindre de la machine-pilon, et réciproquement la ligne XX' devrait être relevée de manière que les pressions « bas », c'est-à-dire celles au-dessus du piston, se trouvent augmentées, et les pressions « haut » diminuées.

Effort total transmis au tourillon de la manivelle.

Pour obtenir le diagramme des efforts réels sur le tourillon de manivelle, il faut totaliser les ordonnées des courbes des pressions de la vapeur et des forces d'inertie. On obtient ainsi un



nouveau diagramme (*fig. 5*), rapporté soit à l'axe XX', soit à l'axe $X_1X'_1$, suivant que la machine est horizontale ou verticale-pilon.

Ce diagramme montre que la force d'inertie des pièces mobiles a pour effet de diminuer l'effort sur le tourillon au commencement de la course et de l'augmenter vers la fin. La courbe pointillée, qui représente cet effort résultant sur la figure 5, est donc plus voisine de l'axe XX′ que la courbe de l'indicateur, dans la première partie de la course, et s'en trouve plus éloignée dans la dernière partie.

Chocs.

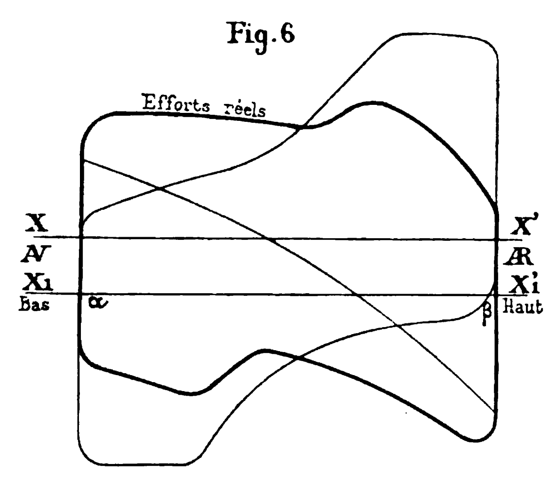
La construction graphique de ces efforts réellement transmis à la manivelle permet de constater la répétition des chocs que presentent certaines machines pendant une même course.

S'il y a, en effet, du jeu dans les articulations, il tend à se produire un choc toutes les fois que l'effort réellement transmis change de sens.

Ce changement de sens a toujours lieu aux points morts mêmes, mais il peut arriver dans les machines trop peu chargées travaillant à trop faible admission, surtout sans condensation, que ce changement se produise aussi entre ces points, et même plusieurs fois pendant la même course.

Ainsi appliquons la construction de la figure 5 à la machine

Fig. 6

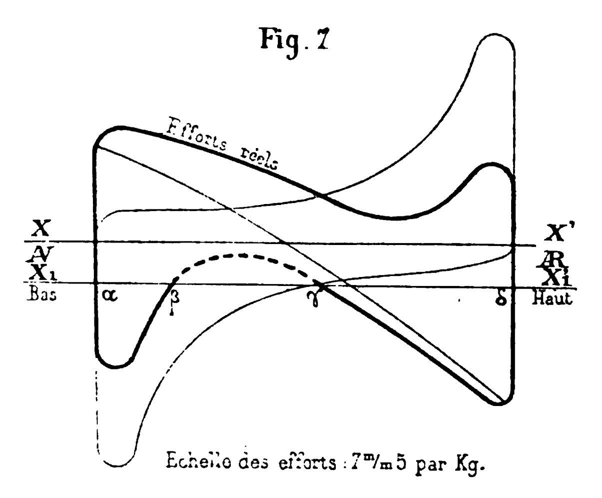


Echelle des efforts : 7 m/m 5 par Kg.

Corliss verticale, du type pilon qui conduit le train à tôles du Creusot et qui marche à condensation.

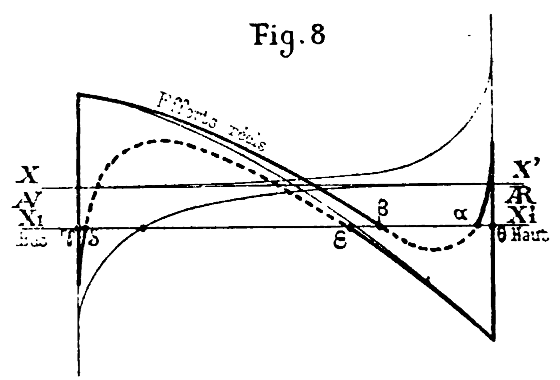
Les charges de cette machine étant extrêmement variables et

s'annulant presque, nous avons, pour trois diagrammes choisis parmi ceux relevés à l'indicateur, tracé la courbe des pressions de la vapeur (*fig.* 6, 7 et 8); en y superposant celle des forces d'inertie, forces d'ailleurs plus élevées que celles des autres ma-



chines, à cause des dimensions plus fortes qu'il est nécessaire de donner aux machines de forges, surtout de trains à tôles, on obtient les courbes pointillées tracées sur les figures 6, 7 et 8.

Examinons sur ces courbes comment varie l'effort résultant, à partir du point mort arrière par exemple.



Si l'admission est très faible, la pression décroît aussitôt après très rapidement et peut même descendre (*fig.* 8) au-dessous de la force retardatrice due à l'inertie qui est maxima au commencement de la course.

Dans ce cas, il y aura, pendant un certain intervalle de temps, prépondérance de la force d'inertie sur l'action de la vapeur et, à ce moment, la machine au lieu d'être motrice, sera conduite par la manivelle.

Après la chute assez brusque de la pression par suite de la détente, la pression ne décroît plus que lentement; d'autre part, la force d'inertie diminue, s'annule et finit par agir concurremment avec la vapeur; l'effort résultant sur le piston cesse donc d'être négatif et redevient moteur, jusqu'à la fin de la course.

La même série de phénomènes se reproduit pendant la course vers l'arrière.

D'après cela, on voit que l'effort moteur s'annulera, changera de sens, et deviendra effort résistant, avec production de choc, lorsque, dans la première partie de chaque course, la pression de la vapeur tombera au-dessous de la valeur absolue des forces d'inertie; on sait, d'ailleurs, que ce changement de sens tendra d'autant plus à se produire que la détente sera plus grande. C'est donc, comme nous l'avons dit, dans les fortes machines très peu chargées, que les chocs auront tendance à être plus répétés et plus violents.

Si le poids des pièces mobiles doit être pris en considération, comme dans la machine du Creusot, il en résultera, pendant l'admission sur la face inférieure du piston, une diminution de l'effort moteur, qui augmentera la période pendant laquelle la machine sera conduite par la manivelle; du côté supérieur du piston, le poids s'ajoutant à l'action motrice de la vapeur, cette période sera, au contraire, diminuée, et il se pourra même que l'effort résultant ne cesse pas d'être moteur (*fig.* 7).

Quant à l'intensité de ces chocs, elle dépend avant tout du jeu existant dans les articulations; elle est, en outre, une fonction assez complexe de la position du piston, de la masse des pièces en mouvement, du frottement qu'elles exercent sur leurs guides et de la vitesse de la machine.

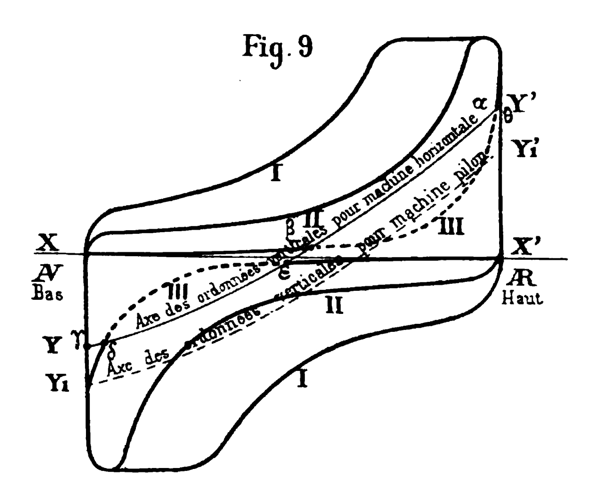
On peut dire, toutefois, que le choc sera d'autant plus sensible que la variation de l'effort, à l'instant où il change de sens, sera plus brusque; l'angle des courbes à leur intersection avec l'axe XX' peut en donner une idée approximative.

La superposition de ces efforts transmis à la manivelle peut être faite plus simplement par la construction suivante :

Considérons le côté arrière du cylindre, par exemple. Au dé

but de la course, les pressions de la vapeur sont positives et, par suite, au-dessus de l'axe XX'; en même temps les forces d'inertie sont négatives et leur valeur absolue doit être retranchée des pressions de vapeur.

Si l'on a construit la courbe des forces d'inertie changées de signe, comme il est indiqué dans la figure 9, il suffira donc de



prendre la longueur des ordonnées comprises entre les deux courbes, autrement dit, de rapporter la courbe des pressions à la courbe d'inertie YY' prise comme axe. C'est en appliquant cette remarque au cas des figures 6, 7 et 8 que la figure 9 a été construite.

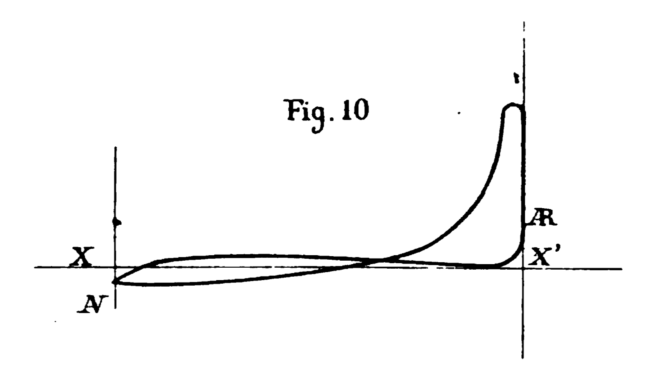
Dans le cas d'une machine verticale, il faudra construire la courbe YY' en portant ses ordonnées depuis l'axe $X_1X'_1$ (machines pilons).

Les ordonnées situées au-dessus de l'axe curviligne YY' représentant des efforts positifs (c'est-à-dire dirigés vers la manivelle) et les autres représentant des efforts négatifs, il y aura tendance au choc lorsque la courbe des pressions de vapeur traversera cet axe, et seulement en ces points de passage.

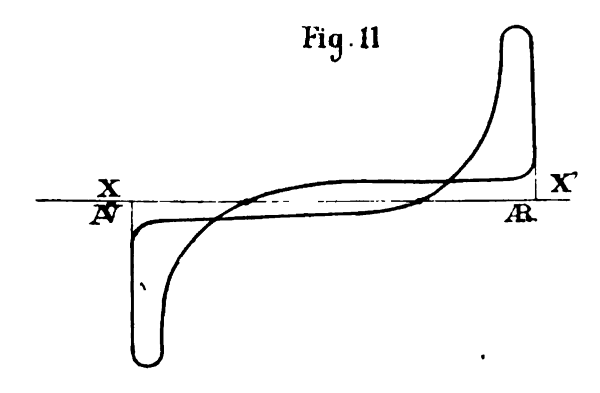
Cas des machines sans condensation.

Les diagrammes relevés sur des machines sans condensation quand elles sont trop peu chargées, présentent des boucles *(fig. 10)* c'est-à-dire que, pendant la détente, la pression de la

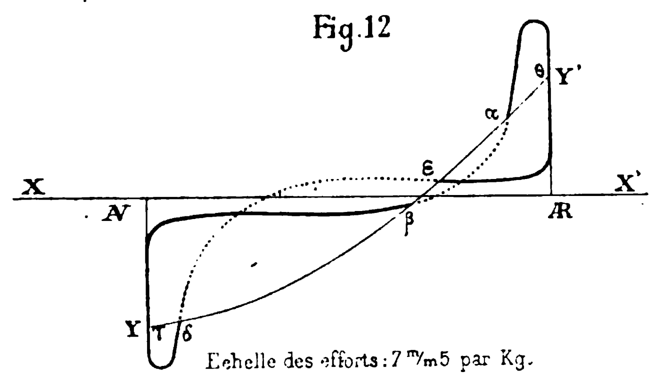
vapeur sur l'une des faces du piston descend au-dessous de la pression atmosphérique qui agit sur l'autre face.



Dans ces conditions, la courbe des pressions dues à la vapeur, construite comme nous l'avons dit précédemment, coupe



l'axe XX′ en deux points plus ou moins voisins du milieu de la course *(fig. 11)*.



Si les forces d'inertie étaient nulles, il y aurait deux chocs en ces points. Mais si nous rapportons la courbe des pressions de vapeur à la courbe d'inertie YY' *(fig. 12)*, il est facile de voir qu'un plus grand nombre de chocs peuvent se produire.

Régularisation de l'effort transmis.

Si l'on examine les diagrammes obtenus pour les efforts totaux réellement transmis à la manivelle, on remarque qu'ils se rapprochent d'autant plus du parallélisme à la courbe YY′ que l'admission est plus forte. Ainsi pour le cas du diagramme maximum *(fig. 9)* ce parallélisme est assez accentué pour qu'on puisse en conclure que les forces d'inertie tendent alors à régulariser l'effort sur la manivelle.

On peut même constater sur tous les diagrammes qui accompagnent cette étude, que la différence des efforts, au commencement et à fin de course, toujours considérable si l'on ne considère que la vapeur, est notablement diminuée par l'influence des forces d'inertie.

Il est alors facile de formuler la règle suivante :

Pour une machine donnée, il correspond à chaque régime de vitesse, une pression de vapeur et une admission plus avantageuses que les autres au point de vue de la régularité des efforts : ce sont celles qui fournissent les diagrammes les plus sensiblement parallèles à YY'.

Cela revient à dire que, si l'on veut rester dans de bonnes conditions, le travail de la machine ne devra pas trop s'écarter d'une valeur déterminée. Quand, au contraire, on ne demandera à cette machine qu'une faible partie du travail pour lequel elle a été construite, on s'exposera à de grandes variations d'efforts dans les articulations des pièces en mouvement. Il en serait de même si l'on cherchait à augmenter la vitesse de rotation au delà de certaines limites.

Remarquons que la régularité des efforts transmis sera toujours plus grande pendant la course arrière que pendant la course avant, à cause de la courbure de l'axe YY′, courbure qui résulte elle-même de l'obliquité de la bielle.

RÉSUMÉ

Nous pouvons résumer le rôle des forces d'inertie dans les machines motrices de la façon suivante :

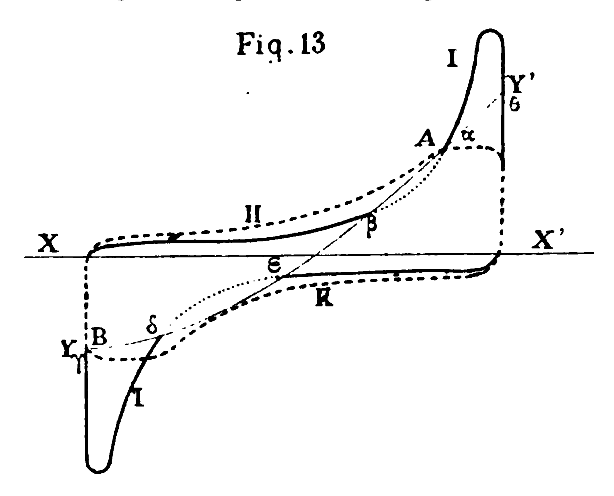
1° Les forces d'inertie tendront d'autant plus à détruire la régularité des efforts transmis à la manivelle que, pour une pression donnée, l'admission est plus faible.

2° S'il se produit du jeu dans les articulations, les forces d'inertie peuvent être la cause, quand la charge devient trop faible, de la production de chocs supplémentaires en dehors de ceux qui se produiraient sous l'action des pressions de la vapeur, soit aux points morts quand ces pressions sont toujours positives, soit vers le milieu de la course dans les machines sans condensation trop peu chargées dont les diagrammes présentent des boucles, avec pressions négatives.

3° La production de ces chocs augmente d'ailleurs avec les forces d'inertie, c'est-à-dire avec le poids et la vitesse des pièces en mouvement.

L'ensemble de cette étude pourrait trouver souvent son application dans le calcul des machines marchant à des vitesses élevées, comme l'emploi s'en répand actuellement ou susceptibles de grandes variations de travail.

A l'aide des diagrammes précédents, on pourra, en effet, déter-



miner à l'avance pour différentes pressions, les valeurs maxima de la détente telles que, à une vitesse donnée, on n'ait pas à craindre de chocs anormaux aux divers points de la course.

Cette étude montre aussi que dans l'établissement des formes des pièces en mouvement, il y a lieu de tenir compte de leur poids, les forces d'inertie leur étant proportionnelles.

Enfin, dans le cas, qui se présente souvent en pratique, d'une machine commandée trop forte en prévision des augmentations futures de sa charge, cette étude montre qu'il y aurait avantage à marcher tout d'abord à une pression plus faible et à une admission plus grande ; ce que l'on peut toujours faire en étranglant la vanne de prise de vapeur.

Ainsi dans le cas de l'admission indiquée par la figure 13, (courbe I) qui produirait quatre chocs supplémentaires, ces chocs disparaîtraient en augmentant l'admission et diminuant la pression ainsi que le montre la courbe ponctuée II, tout ceci étant d'ailleurs entendu en dehors de toute question de consommation de vapeur.

Construction graphique des diagrammes.

Nous allons indiquer maintenant par quels procédés graphiques on peut déterminer rapidement les diagrammes YY′ des forces d'inertie dans les machines à vapeur.

Pour estimer d'une manière commode la grandeur de ces forces d'inertie, nous supposerons que la bielle se déplace parallèlement à la tige du piston et avec la même vitesse. De cette façon, on ne tiendra pas compte de la différence de vitesse entre les divers points de la bielle et du piston, ni des forces d'inertie engendrées par la rotation de la bielle pendant son déplacement ; mais les écarts qui en résultent sont peu importants au point de vue général qui nous occupe. En ramenant ainsi la question à chercher la force d'inertie d'un système animé, d'un mouvement rectiligne, il suffira de connaître la valeur de l'accélération du piston, car le produit de cette accélération par la masse totale en mouvement (quotient de la somme des poids du piston, de sa tige, de la traverse, de la bielle, etc., par $g = 9{,}81$, valeur de l'accélération due à la pesanteur, à Paris) donnera la force d'inertie en chaque point de la course.

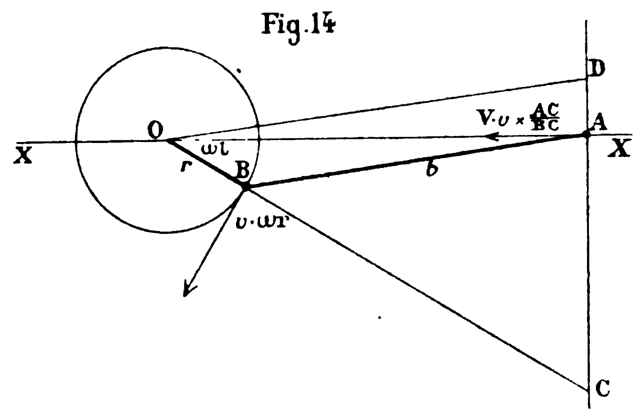
$$F = -mj.$$

Nous exposerons alors un procédé graphique donnant rapidement la courbe des accélérations ; mais, comme ce procédé est basé sur la construction préalable de la courbe des vitesses du piston, nous allons d'abord établir cette dernière.

Courbe des vitesses.

La courbe des vitesses du piston, dans le cas qui nous occupe, peut être obtenue facilement en tenant compte de l'obliquité de la bielle.

On sait que, lorsqu'un corps solide se déplace d'une manière quelconque, on peut le considérer comme tournant à chaque instant autour d'un point nommé centre instantané de rotation, dont la position se trouve à la rencontre des normales élevées, aux différents points du corps, sur les trajectoires décrites par ceux-ci. Si nous considérons une position quelconque de la bielle



AB (*fig. 14*), nous pouvons la considérer comme tournant, à ce moment, autour du point de concours C, des droites AC, normale au chemin rectiligne suivi par le point A, et BC, prolongement du rayon OB et par suite normale à la trajectoire du point B.

Soit ω la vitesse angulaire uniforme de la manivelle OB, nous pourrons déduire de la vitesse constante $\omega \times OB$ du point B ; la vitesse variable du point A ; ces vitesses sont en effet proportionnelles, à chaque instant, aux rayons vecteurs CA, CB et l'on a :

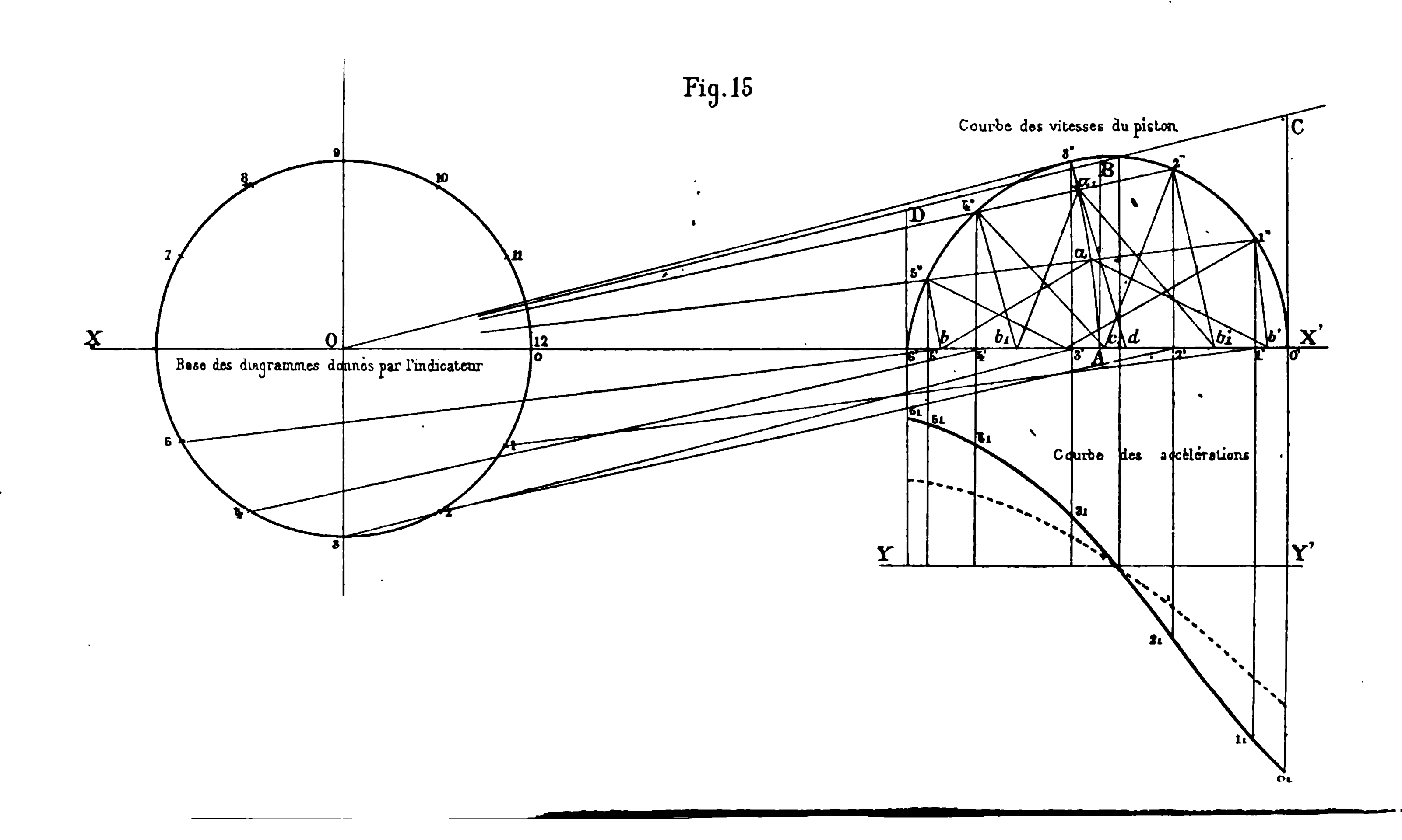
$$V_A = \omega \times OB \times \frac{CA}{CB}.$$

Si l'on mène par O, axe de la rotation de la manivelle une parallèle OD à l'axe de la bielle, on aura, en raison de la similitude des triangles BCA, OCD, la relation :

$$OB \times \frac{CA}{CB} = AD,$$

et par suite $$V_A = \omega \times AD.$$

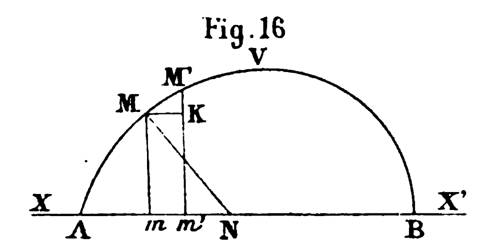
D'où la construction suivante (*fig. 15*) :


Fig.15
Courbe des vitesses du piston
Courbe des accélérations
Base des diagrammes donnés par l'indicateur
X
X'
Y
Y'
O
A
B
C
D

Partager le cercle décrit par la manivelle en un certain nombre de parties 1, 2, 3, etc. Porter, à partir de chaque point de division, la longueur de la bielle sur l'axe du cylindre, de manière à obtenir les points correspondants 1', 2', 3', etc. Élever en chacun de ces derniers, la perpendiculaire à XX', et mener par O la parallèle à l'axe correspondant de la bielle. La courbe réunissant les points de rencontre 1", 2", 3", etc. ainsi obtenus, donnera la loi de la vitesse du piston. Pour obtenir la vitesse absolue, il faut multiplier les ordonnées de cette courbe mesurée à l'échelle du dessin $\frac{1}{\lambda}$ par la vitesse angulaire ω, ou, ce qui revient au même, il faut mesurer ces ordonnées à l'échelle $\frac{1}{k} = \frac{1}{\lambda\omega}$.

Détermination géométrique de l'accélération.

L'accélération, dans le cas d'un mouvement rectiligne, peut être obtenue graphiquement de la manière suivante :



Soit AVB la courbe des vitesses d'un point *m* (*fig.* 16) dont les déplacements sont indiqués, à l'échelle $\frac{1}{\mu}$, suivant l'axe XX'. A un instant quelconque M*m* mesure, à l'échelle $\frac{1}{k}$ des ordonnées, la vitesse de ce point. Élevons en M la normale MN à la courbe AVB. La longueur *m*N, autrement dit la sous-normale, mesurée à l'échelle $\frac{\mu}{k^2}$ représentera l'accélération du point *m* à l'instant considéré.

En effet, soit *m'* une position infiniment voisine de *m* au bout du temps *dt*. La vitesse qui était $k \times \text{M}m$ en *m* devient $k \times \text{M}'m'$ en *m*. L'accroissement de la vitesse est donc:

$$k(\text{M}'m' - \text{M}m) = k \times \text{M}'\text{K}.$$

Or, l'espace mm' ou MK, mesuré à l'échelle $\frac{1}{\mu}$ des abscisses est le produit de la vitesse $k \times Mm$ par l'intervalle de temps dt, et par suite :

$$dt = \frac{\mu \times MK}{k \times Mm}.$$

L'accélération, par unité de temps, est donc :

$$j = \frac{k \times M'K}{dt} = \frac{k^2 \times M'K \times Mm}{\mu \times MK}.$$

Puisque les triangles MmN et MKM', ayant leurs côtés perpendiculaires, sont semblables, on a la relation :

$$\frac{M'K}{MK} = \frac{Nm}{Mm};$$

d'où
$$j = \frac{k^2}{\mu} \times \frac{Nm \times Mm}{Mm} = \frac{k^2}{\mu} \times Nm.$$

La courbe des vitesses étant tracée, on établira donc celle des accélérations en déterminant la valeur de la sous-normale pour un certain nombre de points, et en portant ces valeurs en ordonnées à partir d'un axe YY représentant la course du piston *(fig. 15)*.

En valeur absolue, l'accélération en un point quelconque s'obtiendra en multipliant l'ordonnée de la courbe ainsi déterminée, par $\frac{\lambda^2 \omega^2}{\lambda} = \lambda \omega^2$.

Le problème se réduit donc au tracé de la normale à la courbe des vitesses ; comme la détermination de la tangente au divers points de cette courbe est un peu incertaine, nous indiquerons le tracé géométrique suivant.

Tracé de la normale à la courbe des vitesses.

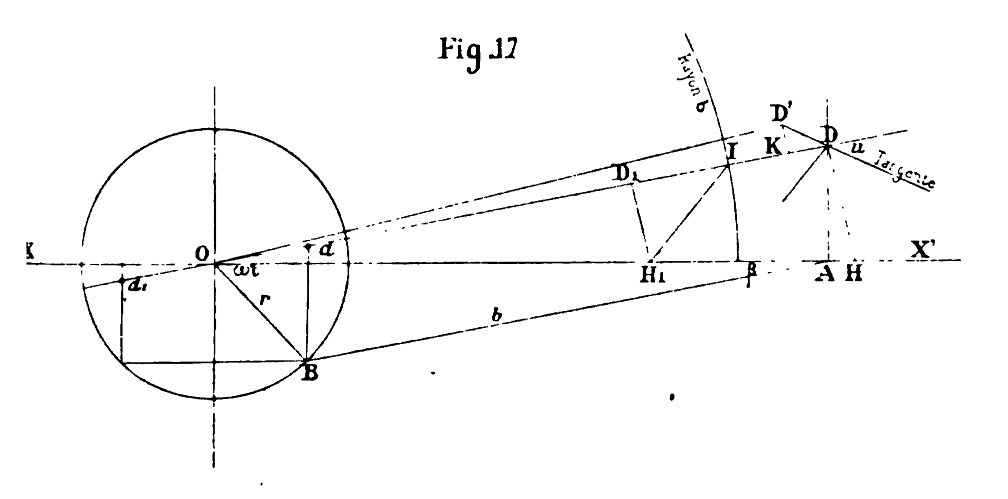
Soit *(fig. 17)* D un point de la courbe des vitesses, obtenu par la rencontre de la parallèle OD à AB, et de la perpendiculaire AD élevée sur XX'.

Soit D' un point très voisin de cette courbe, obtenu de la même manière.

La distance OD est égale à la longueur de la bielle OI augmentée de ID ; désignons cette dernière longueur par ρ.

$$OD = \rho + b.$$

Or, un point quelconque de la courbe des vitesses peut être considéré comme défini par l'angle β que fait la bielle avec l'axe XX', et par la longueur OD du rayon vecteur. Pour une même valeur de β, c'est-à-dire pour une même inclinaison de la bielle, ρ prend



deux valeurs égales et de signes contraires Od_1 Od, ; si on désigne par ρ la valeur absolue Od, les deux valeurs du rayon vecteur correspondant à un même angle sont :

$$OD = b + \rho \qquad \text{et} \qquad OD_1 = b - \rho.$$

Désignons par u l'angle de la tangente à la courbe des vitesses, au point D, avec le rayon vecteur ; on a :

$$D'K = (b + \rho)\, d\beta$$

et

$$\operatorname{tang} u = \frac{(b + \rho)\, d\beta}{d\rho}.$$

La quantité ρ est une fonction de β définie par les deux équations suivantes :

$$\rho \cos \beta = r \cos \omega t,$$

$$b \sin \beta = r \sin \omega t.$$

Si nous éliminons ωt entre ces deux équations, il vient :

$$\rho^2 \cos^2 \beta \times b^2 \sin^2 \beta = r^2.$$

D'où en différentiant :

$$2\rho\, d\rho \cos^2 \beta - 2\rho^2 \cos \beta \sin \beta\, d\beta + 2\, b^2 \cos \beta \sin \beta\, d\beta = 0.$$

Et en simplifiant :

$$\rho\, d\rho \cos^2 \beta - (\rho^2 - b^2) \cos \beta \sin \beta\, d\beta = 0$$

$$\frac{d\beta}{d\rho} = - \frac{\rho \cos \beta}{(b^2 - \rho^2) \sin \beta}.$$

Portons cette valeur dans l'expression de tang u :

$$\text{tang}\, u = - \frac{(b + \rho)\, \rho \cos}{(b^2 - \rho^2) \sin \beta} = - \frac{\rho}{(b - \rho) \text{ tang } \beta}.$$

Or par le point D_1 menons D_1H_1 perpendiculaire au rayon vecteur, puis joignons H_1I. Dans le triangle D_1HI_1, on a la relation :

$$\text{tang } D_1H_1I = \frac{D_1I}{D_1H_1} = \frac{\rho}{(b - \rho) \text{ tang } \beta}.$$

Donc l'angle u est égal à l'angle D_1H_1I et la normale en D formant également l'angle u avec DH perpendiculaire sur OD, est parallèle à IH_1 ; d'où la construction suivante *(fig. 15)*;

Tracer par le centre de l'arbre, avec la bielle pour rayon un arc de cercle. Pour mener la normale en 1″, joindre le point α, où cet arc de cercle est coupé par la droite O5″1″, avec le point b où l'axe xx' est rencontré par 5″b perpendiculaire à O5″1″. La parallèle à αb menée par 1″ sera la normale cherchée. On obtient de la même façon la normale en 5″ en menant la parallèle à $\alpha b'$, b' étant le point de rencontre de XX′ avec la perpendiculaire en 1″ à O5″1″. De même pour les autres points.

Au point 3″, la normale se confond avec la tangente à l'arc de cercle de centre O.

Aux points morts, O′ et 6′, la construction ci-dessus ne peut plus s'appliquer; mais le calcul indique que l'accélération au point mort arrière $= \omega^2 r \left(1 + \frac{r}{b}\right)$ et au point mort avant :

$$= - \omega^2 r \left(1 - \frac{r}{b}\right).$$

En effet, recherchons la valeur analytique de la vitesse et de l'accélération.

Soit x l'abscisse d'une position quelconque du piston comptée

à partir de l'extrémité de course arrière; x est une fonction de l'angle β, qui, lui-même, est fonction de t.

On a : $$x = r + b - (r \cos \omega t + b \cos \beta), \qquad [1]$$

et : $$b \sin \beta = r \sin \omega t. \qquad [2]$$

De [2] on tire :

$$\cos \beta = \left(1 - \frac{r^2}{b^2} \sin^2 \omega t\right)^{\frac{1}{2}},$$

En portant cette valeur dans [1] on a :

$$x = r + b - r \cos \omega t - (b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{1}{2}}.$$

Différentions par rapport à t pour obtenir la vitesse de x:

$$\frac{dx}{dt} = \omega r \sin \omega t + \omega r^2 \sin \omega t . \cos \omega t \, (b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)^{-\frac{1}{2}}$$

$$= \omega r \left[\sin \omega t + \frac{r}{2} \sin 2\,\omega t \, (b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)^{-\frac{1}{2}}\right].$$

Différentions de nouveau pour déterminer l'accélération :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \omega r \Big\{\omega \cos \omega t + \frac{r}{2}\Big[2\omega \cos 2\omega t (b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)^{-\frac{1}{2}}$$

$$+ r^2 \omega \sin 2\omega t \sin \omega t . \cos \omega t (b^2 r^2 \sin^2 \omega t)^{-\frac{3}{2}}\Big]\Big\}$$

$$= \omega^2 r \Big\{\cos \omega t + \frac{r}{2} (b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)^{-\frac{3}{2}}\Big[2 \cos 2\omega t (b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)$$

$$+ \frac{r^2}{2} \sin^2 2\omega t\Big]\Big\}$$

$$= \omega^2 r \Big\{\cos \omega t + r(b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)^{-\frac{3}{2}}\Big[(1 - 2 \sin^2 \omega t)(b^2 - r^2 \sin \omega t)$$

$$+ r^2 \sin^2 \omega t \, (1 - \sin^2 \omega t)\Big]\Big\}$$

$$= \omega^2 r \Big\{\cos \omega t + r(b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)^{-\frac{3}{2}}\Big[b^2(1 - 2 \sin^2 \omega t) + r^2 \sin^4 \omega t\Big]$$

$$= \quad - \quad - \quad (b^2 \cos 2\omega t + r^2 \sin^4 \omega t)$$

$$= \omega^2 r \left(\cos \omega t + \frac{r(b^2 \cos 2\omega t + r^2 \sin^4 \omega t)}{(b^2 - r^2 \sin^2 \omega t)^{-\frac{3}{2}}}\right).$$

La valeur de l'accélération aux points morts s'obtiendra en donnant à ωt les valeurs 0 et $\frac{\pi}{2}$:

1° Au point mort arrière ou haut, $\omega t = 0$,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \omega^2 r\left(1 + \frac{rb^2}{b^3}\right) = \omega^2 r\left(1 + \frac{r}{b}\right)$$

2° Au point mort avant ou bas, $\omega t = \frac{\pi}{2}$,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \omega^2 r\left(-1 + \frac{rb^2}{b^3}\right) = -\omega^2 r\left(1 - \frac{r}{b}\right).$$

On construira aisément les longueurs $r\left(1 + \frac{r}{b}\right)$ et $r\left(1 - \frac{r}{b}\right)$ en élevant (*fig. 15*), aux points o', A et b' des perpendiculaires à XX', en portant AB $= r$ rayon de la manivelle et en prenant la droite OB. Les segments o'C et b'D déterminés par cette droite ont respectivement les valeurs indiquées ci-dessus.

En portant en ordonnées et avec leur signe les accélérations ainsi déterminées et en réunissant les points 0_1, 1_1, 2_1,... trouvés, on obtient la loi de l'accélération du piston.

En chaque point, l'accélération est égale en valeur absolue, à l'ordonnée de la courbe ainsi tracée mesurée à l'échelle du dessin $1/\lambda$ et multipliée par le carré de la vitesse angulaire ω^2.

Superposition des diagrammes.

Afin de pouvoir superposer les diagrammes des forces d'inertie et ceux fournis par l'indicateur, il faut adopter mêmes échelles pour les abscisses et pour les ordonnées.

Pour les abscisses, qui représentent les déplacements du piston, on peut choisir dès le début du tracé, comme diamètre du cercle décrit par la manivelle la base des diagrammes relevés à l'indicateur. L'échelle $\frac{1}{\lambda}$ est ainsi déterminée.

Les ordonnées des mêmes diagrammes représentent à une échelle donnée $\frac{1}{\varphi}$ des pressions en kilogrammes par centimètre carré. Il faut ramener les ordonnées de la courbe des accélérations à des longueurs qui représentent, à la même échelle $\frac{1}{\varphi}$, des forces de même nature, c'est-à-dire les forces d'inertie par centimètre carré de surface du piston.

Soit S la surface du piston en centimètres carrés, et M la masse

totale des pièces mobiles ; la force d'inertie qui doit s'ajouter à la pression de la vapeur a pour valeur :

$$\frac{F}{S} = -\frac{M}{S} \times j,$$

soit ii'' une ordonnée quelconque de la courbe des accélérations précédemment établie, on a, en valeur absolue :

$$j = ii'' \times \lambda \times \omega^2,$$

et par suite, $$\frac{F}{S} = \frac{M}{S} \times ii'' \times \lambda \times \omega^2$$

Soit enfin h l'ordonnée correspondante de la courbe des forces d'inertie dessinée à l'échelle $\frac{1}{\varphi}$; on doit avoir, en valeur absolue :

$$h \times \varphi = \frac{M}{S} \times \lambda \omega^2 \times ii''.$$

Il suffit donc de multiplier les ordonnées ii'' par le rapport $\frac{M\omega^2}{S} \times \frac{\lambda}{\varphi}$ pour obtenir la courbe destinée à être superposée aux diagrammes donnés par l'indicateur.

Une dernière quantité relative à l'influence de la pesanteur reste à déterminer. Nous avons vu qu'on en tenait compte en abaissant l'axe XX′ d'une hauteur convenable, qui doit représenter, à l'échelle des forces $\frac{1}{\varphi}$, le poids des pièces mobiles divisé par la surface S du piston. Cette hauteur est, par suite, égale à $\frac{P}{S} \times \frac{1}{\varphi}$

Application à la machine verticale Corliss du Creusot.

Le diagramme représenté sur la figure 15 a été établi pour la machine verticale Corliss du Creusot ; cette machine est caractérisée par les données suivantes :

Rayon de la manivelle : $r = 0{,}800\ m$

Longueur de la bielle : $b = 3{,}200\ m$

Poids des pièces mobiles : $P = 5{,}175\ kg$

Masse des pièces mobiles : $M = \frac{P}{g} = \frac{5\,175}{9{,}81}$

Nombre de tours par minute : $n = 60$

Vitesse angulaire par seconde : $\omega = \frac{2\pi n}{60} = 6{,}28\ m$

Surface du piston : $S = 7\,736{,}7\ cm^2$

Les diagrammes relevés sur cette machine à l'aide de l'indicateur avaient pour échelles :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{30},$$

$$\frac{1}{\varphi} = 0{,}0075.$$

La courbe des vitesses du piston et celle des accélérations, ont été construites comme nous l'avons indiqué précédemment, en prenant pour échelle des longueurs $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{30}$. On a ensuite tracé la courbe des forces d'inertie (par centimètre carré) en multipliant les ordonnées de la courbe des accélérations par :

$$\frac{M\omega^2}{S} \times \frac{\lambda}{\varphi} = \frac{5175 \times \overline{6{,}28}^2}{9{,}81 \times 7736{,}7} \times 30 \times 0{,}0075 = 0{,}605.$$

On a, d'autre part, transformé les diagrammes donnés par l'indicateur comme il a été indiqué (§ 1) et, pour tenir compte du poids des pièces mobiles, on a abaissé l'axe XX′ de la quantité :

$$\frac{P}{S} \times \frac{1}{\varphi} = \frac{5175}{7736{,}7} \times 0{,}0075 = 0{,}005.$$

Enfin la superposition des pressions dues à la vapeur et des efforts dus aux forces d'inertie, a fourni les courbes des efforts réellement transmis par le piston, pour différentes détentes (*fig.* 6, 7 *et* 8).

On obtiendrait la courbe des efforts réels sur le tourillon de manivelle en multipliant chaque ordonnée de la précédente courbe par le facteur correspondant

$$\frac{1}{\cos \beta}.$$

Or, cette dernière quantité est toujours comprise entre :

$$1 \text{ et } \sqrt{1 - \left(\frac{r}{b}\right)^2}$$

c'est-à-dire qu'elle diffère peu de l'unité. Pour $\frac{r}{b} = \frac{1}{4}$,

$$\sqrt{1 - \left(\frac{r}{b}\right)^2} = 0{,}967.$$

On pourra donc confondre, en pratique, les courbes des efforts réels sur le tourillon avec celles précédemment établies, qui sont simplement relatives aux composantes des efforts parallèles à l'axe du cylindre.

LES
CHAUDIÈRES MARINES

PAR

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT

CHAPITRE PREMIER
INTRODUCTION ET RÉSUMÉ HISTORIQUE

La mécanique générale du navire comporte l'étude de plusieurs questions distinctes :

1° L'équilibre du corps flottant avarié ou non;

2° L'effet qu'ont sur cet équilibre les perturbations de la surface du liquide sur lequel flotte le corps;

3° La transformation du combustible en calories disponibles; c'est-à-dire l'installation des grilles à houille, des brûleurs à pétrole, des différents modes de tirage, etc.;

4° La transformation des calories disponibles en vapeur sous pression par les divers modèles de chaudières;

5° La transformation de l'énergie de la vapeur sous pression en mouvement rotatif et travail disponible sur l'arbre de couche à l'aide des machines;

6° La transformation du travail disponible sur l'arbre de couche en travail propulseur communiqué de la coque par le propulseur.

Il y a un an environ nous avons déjà parlé de la première question. Aujourd'hui, c'est la quatrième que nous étudierons, nous réservant de traiter bientôt la troisième et la cinquième — peut-être même un jour la deuxième et la sixième.

***

L'étude des générateurs marins ne conduit point à des conclusions aussi nettes que la théorie de la stabilité du navire.

En effet, cette dernière est aujourd'hui parfaitement établie, lorsqu'on construit un bâtiment de guerre ou de commerce, l'on connait ou l'on devrait connaître d'avance, sauf erreurs matérielles de calcul, dans quelles conditions d'équilibre sera placé ce bâtiment. Les lamentables constatations que l'on est amené

à faire sur la stabilité de tant de navires de guerre modernes ont rarement pour cause principale la façon dont les Ingénieurs ont résolu le problème proposé; elles sont le plus souvent dues aux incohérences du problème lui-même, tel qu'il est établi par ces solennelles collectivités irresponsables où chacun possède assez d'influence pour imposer un détail particulier et isolé sans lien ou même en contradiction avec les détails que font adopter les voisins, tandis que personne n'y a l'autorité, la volonté et le sentiment de la responsabilité nécessaires pour faire triompher un ensemble logique d'idées justes découlant de l'observation minutieuse des faits.

L'étude des générateurs marins ne permet, pour tout Ingénieur indépendant et de bonne foi, que des conclusions très réservées, on pourrait même dire très timorées.

D'abord, il n'y a aujourd'hui, ainsi qu'on le montrera, aucune chaudière réunissant toutes les conditions théoriques de bon fonctionnement.

Ensuite, la résolution du problème pratique comporte la connaissance de faits précis sur lesquels on n'est pas encore suffisamment renseigné : le rendement aux essais et en service courant; l'usure par unité de temps écoulé ou de travail effectué; la fréquence ou la rareté des avaries et des réparations sont autant de points qui dépendent non seulement des conditions de service, mais encore de l'habileté et des soins du personnel. L'acquisition de l'expérience est donc très longue, très difficile et très coûteuse.

Enfin, la question des chaudières est entrée aujourd'hui dans une phase aiguë et décisive : elle n'est plus uniquement réservée aux milieux considérés comme compétents; mais elle est parvenue jusqu'au grand public et à la presse quotidienne. Dans ces conditions, il convient d'apporter une réserve particulière à un travail d'ensemble afin de ne point laisser travestir le sens d'un écrit et transformer une étude impartiale soit en réclame éhontée, soit en réquisitoire calomnieux : les intérêts matériels et moraux des constructeurs sont trop respectables pour qu'on risque de les compromettre ainsi à la légère.

Cette étude comprend cinq parties distinctes : l'introduction avec un court résumé historique de la question; un ensemble de monographies sur quelques principaux types de chaudières; un résumé succinct des principales expériences ayant été faites sur la circulation par différentes personnes et par nous-même; la théorie générale de la circulation; les conclusions.

Les monographies sont établies d'après des documents communiqués, sauf deux exceptions, pendant les visites aux divers ateliers; pourtant, on laissera aux constructeurs toute la responsabilité des chiffres donnés.

Au sujet des documents et des visites d'ateliers, nous désirons adresser ici nos remerciements à tous ceux qui nous ont si aimablement facilité notre long travail et nous ont si gracieusement accueilli. Nous citerons, en France : MM. Delaunay-Belleville, Godard — directeur des ateliers Belleville — d'Allest, Niclausse, Normand, Sigaudy, d'Aboville — directeur de la Société du Temple — Leblond et Caville, Solignac et Bellens — directeur de la Société de Émulseurs à vapeur; en Angleterre : MM. Thornycroft, Yarrow et G. Holmes, secrétaire de l'Institution of Naval Architects d'Angleterre. Enfin, nous devons mentionner d'une façon toute spéciale M. le professeur W. H. Watkinson, du Glasgow and West of Scotland Technical College, qui a bien voulu non seulement mettre pendant plusieurs jours son laboratoire à notre disposition, mais encore nous offrir, à Glasgow, la plus gracieuse hospitalité.

*
* *

Les générateurs tubulaires se divisent naturellement en deux catégories distinctes :

Ceux dont les tubes sont traversés par les produits de la combustion et sont entourés par l'eau;

Ceux dont les tubes contiennent de l'eau et sont soumis extérieurement à l'action des produits de la combustion.

Les premiers ont des tubes à feu : nous les désignerons par *ignitubulaires*.

Les seconds ont des tubes à eau: nous les appellerons *aquitubulaires* (1).

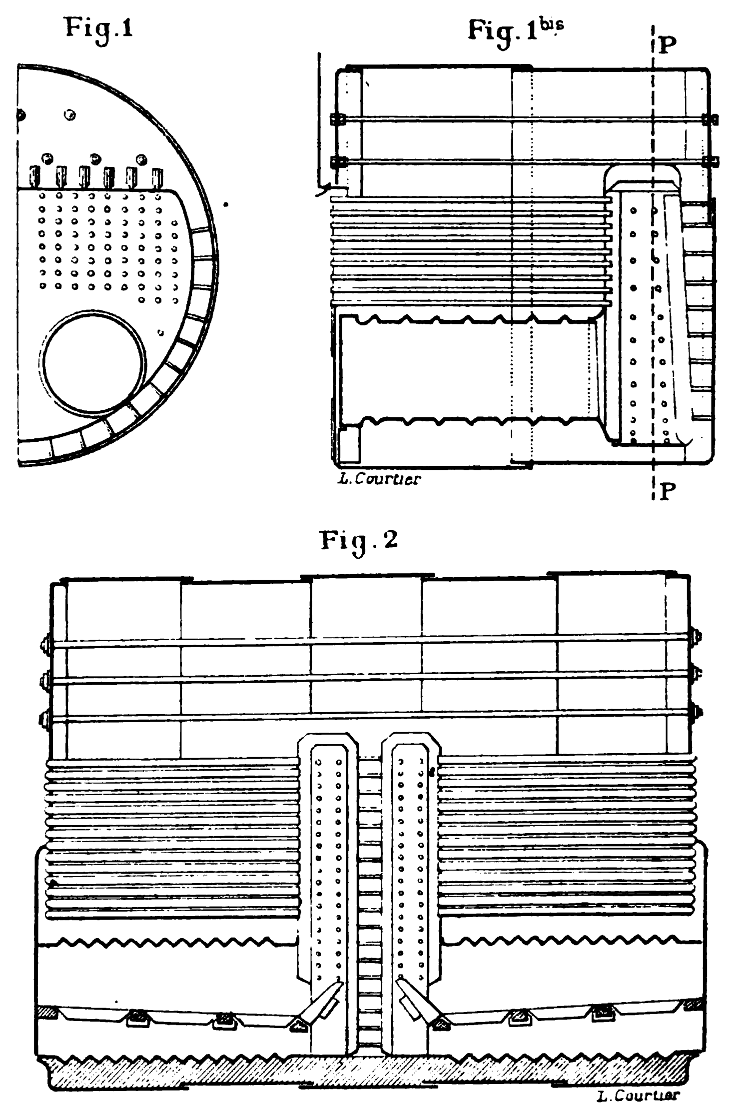
Au début de la navigation à vapeur, les premières chaudières n'étaient ni ignitubulaires, ni aquitubulaires. Elles se composaient uniquement d'un récipient chauffé suivant une face.

Puis vinrent les chaudières à foyer intérieur ou à carneaux qui, en réalité, étaient des générateurs à gros éléments ignitubulaires.

Enfin, on combina le foyer intérieur avec les tubes à feu; et l'on eut ainsi successivement les différents modèles de généra-

(1) L'appellation *aquitubulaire* et non point *aquatubulaire*, a été adoptée sur l'avis de M. Gaston Paris, de l'Académie Française, qui est actuellement la plus haute autorité philologique en France; nous l'avons spécialement consulté à ce sujet.

teurs cylindriques ignitubulaires — chaudières dites écossaises — qui constituent encore aujourd'hui la très grande majorité surtout dans les bâtiments de commerce (1).

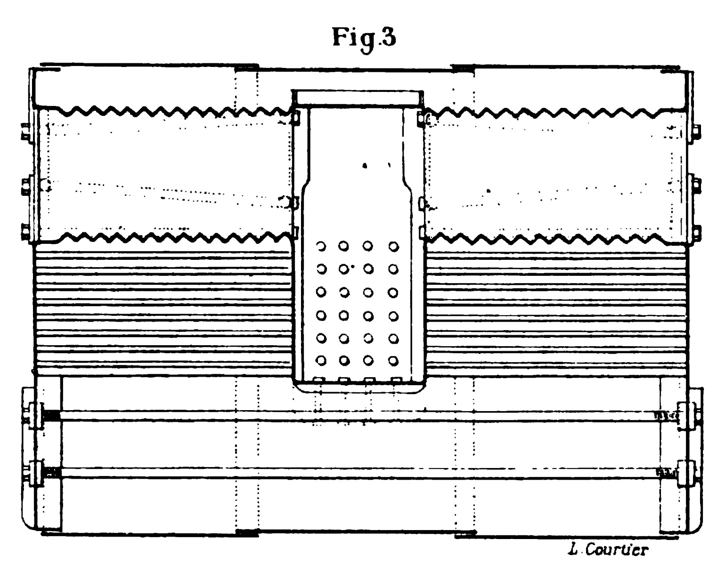


Nous donnons ici les coupes en long et en travers du modèle le plus employé à l'heure actuelle; elles sont assez simples pour ne pas nécessiter d'explications *(fig. 1 et 1 bis).*

(1) Les chaudières locomotives ont été peu utilisées sur les navires; elles ne sont pas aussi commodes à employer, à surveiller et à nettoyer que sur terre.

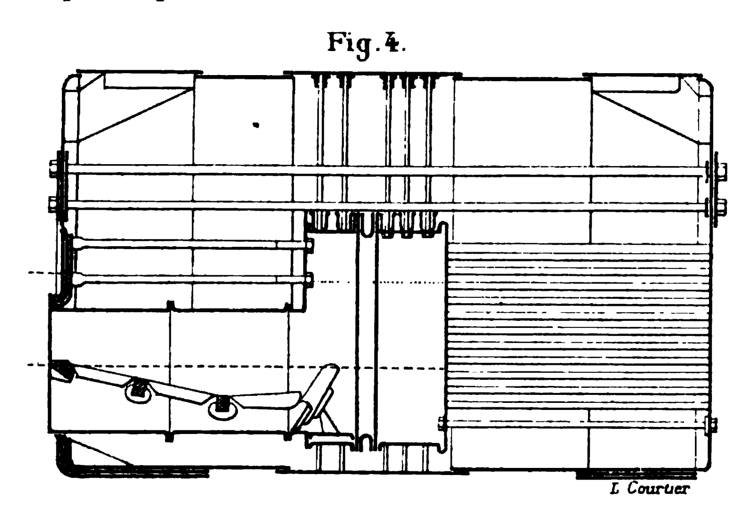
En accolant deux de ces générateurs dos à dos, on supprime pour chacun d'eux la plaque AR et l'on a la chaudière à retour de flamme, à deux chambres de combustion (*fig. 2*).

Fig.3



En réunissant dos à dos deux de ces générateurs supposés limités par un plan vertical PP dans la chambre de combustion,

Fig.4.



on obtient la chaudière avec retour de flamme, double façade et chambre de combustion unique (*fig. 3*).

Enfin, en plaçant le faisceau ignitubulaire derrière la chambre de chauffe, on arrive au type dit « amirauté » (*fig. 4*).

Les appareils évaporatoires ignitubulaires possèdent deux grands avantages :

1° Le feu est complètement entouré de lames d'eau, ce qui réduit au minimum les chances d'incendie ;

2° La pression de la chaudière tend à fermer toute fissure des tubes à feu.

Aussi, n'est-il pas étonnant que ces chaudières aient été presque exclusivement employées tant que les navires ont été construits en bois. Aujourd'hui encore elles comptent de nombreux partisans convaincus, principalement dans la marine marchande.

Pourtant, le faisceau aquitubulaire possède d'immenses avantages sur le faisceau ignitubulaire.

Il permet de ne pas exposer à l'action directe du foyer les joints des tubes. Il laisse au joint, toutes choses égales d'ailleurs, une surface beaucoup plus grande qu'au refroidissement de l'eau. Il supprime aussi les énormes cylindres que l'emploi de pressions de plus en plus élevées force à construire, malgré les progrès des matériaux, en tôles toujours plus épaisses, — véritables tourelles blindées d'une fabrication difficile à rendre sûre, supportant mal les dilatations inégales qui résultent de brusques variations du régime de chauffe, produisant en cas de rupture des effets dynamiques foudroyants et dont le remplacement périodique, impossible à effectuer avec les moyens du bord, nécessite la démolition partielle, et par suite une longue indisponibilité du navire.

Dans le générateur aquitubulaire, c'est pratiquement le seul faisceau que frappent le rayonnement du feu et les produits de la combustion.

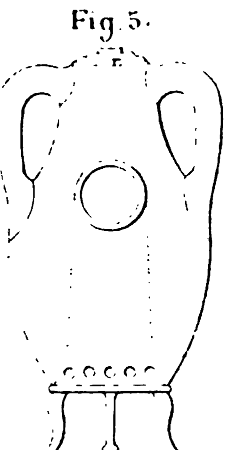
Ce faisceau est composé d'éléments qui, grâce à leur faible épaisseur, sont relativement faciles à fabriquer avec une entière sécurité, et qui sont capables dans la plupart des modèles de supporter les brusques changements d'allure de grille, soit que la circulation de l'eau soit assez considérable pour égaliser la température dans tout l'ensemble, soit que la forme des tubes leur permette une libre dilatation. Un tube qui crève est souvent très dangereux pour le personnel ; pourtant, les effets de cet accident sont insignifiants, comparés aux catastrophes effroyables dues parfois à la rupture d'une chaudière ignitubulaire. Le remplacement des éléments aquitubulaires est relativement facile et peut s'effectuer par les moyens du bord ; le bâtiment a donc pour ainsi dire, des chaudières, toujours neuves.

Enfin, plusieurs générateurs aquitubulaires contiennent peu d'eau; ce fait, joint à la possibilité de bien supporter de brusques changements d'allure, permet d'obtenir des mises en pression très rapides.

Quant aux pertes par rayonnement, on est arrivé à les rendre presque aussi petites que sur les générateurs ignitubulaires, grâce à l'emploi général d'isolants bien étudiés et que l'on combine sur certains modèles avec des rangées extérieures de tubes placés l'un contre l'autre de façon à former un écran continu.

Telles sont les raisons permettant d'affirmer que la chaudière aquitubulaire est certainement la chaudière marine de l'avenir.

Son règne indiscuté a été longtemps différé, par suite de la difficulté qu'offraient l'établissement des joints et la fabrication des tubes, et par suite de l'ignorance où l'on était des conditions théoriques nécessaires à l'existence d'une circulation intense; mais il est, sans aucun doute, dès à présent commencé.


Fig. 5.

La chaudière aquitubulaire doit être fort ancienne; la première que l'on connaisse est au moins contemporaine du commencement de notre ère, puisqu'elle a été trouvée dans les fouilles de Pompéi. Le dessin ci-contre tiré de l'*Engineering* du 11 janvier 1895 en donne une idée exacte *(fig. 5)*.

Ce minuscule générateur — on pourrait presque dire cette bouillotte — possède à la fois un foyer intérieur et un faisceau aquitubulaire formant grille (1).

Elle offre donc à certains égards une solution extrêmement remarquable et très favorable à l'utilisation de la chaleur.

Par un étrange retour des idées et des choses, J. Thornycroft a établi un de ses derniers modèles de générateurs avec un faisceau aquitubulaire formant grille. Le grand Ingénieur anglais ne s'est point douté qu'il avait déjà été devancé — à une époque où l'Angleterre n'était qu'une contrée sauvage, et Chiswick (2) un marécage désert — par un inconnu de génie dans la petite ville gréco-latine ensevelie depuis bientôt vingt siècles, sous les cen-

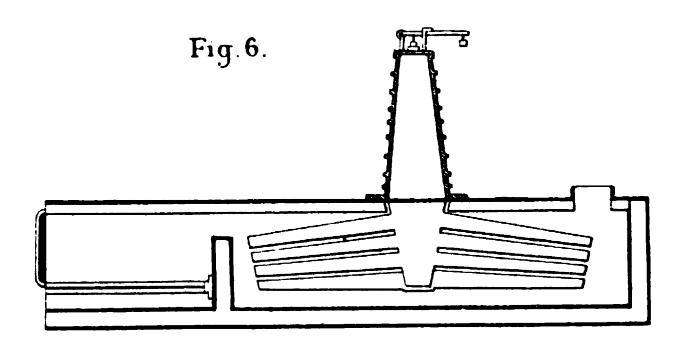
(1) Une description plus complète en a été d'autre part donnée par Sir Henry Bessemer à l'American Society of Mechanical Engineers (voir *Engineering* du 8 janvier 1897).

(2) Les chantiers Thornycroft sont à Chiswick, près de Londres.

dres du Vésuve. Tant il est vrai que l'histoire n'est qu'un perpétuel recommencement.

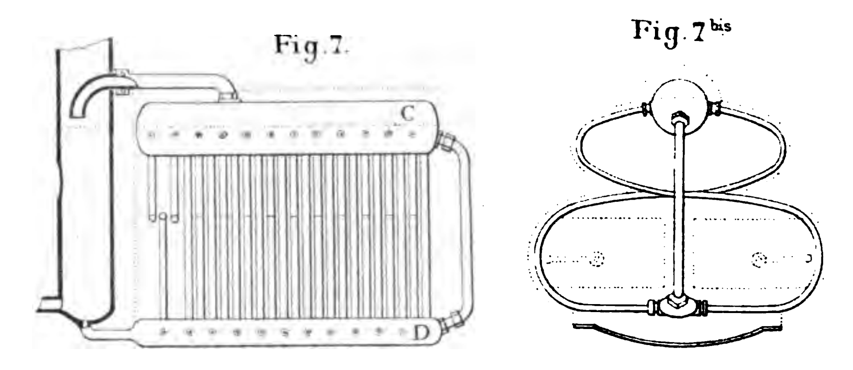
Après Pompéi, c'est à New-York qu'il faut aller pour trouver une chaudière aquitubulaire qui, par une coïncidence étrange, est également à foyer intérieur. En 1805, l'Ingénieur américain Stevens construisit pour un petit vapeur destiné au Hudson l'appareil que représente la figure 6 : les tubes à eau sont rectilignes,

Fig. 6.



légèrement inclinés, fermés à leur extrémité inférieure et affectent une disposition radiale autour d'un réservoir vertical central.

Puis la chaudière aquitubulaire fait son apparition en Angleterre. Les recherches en vue de trouver des générateurs légers, élastiques et puissants pour les voitures automobiles à vapeur y suscitent plusieurs brevets parmi lesquels le plus remarquable est celui de Goldsworthy Gurney (1827) *(fig. 7 et 7 bis).*

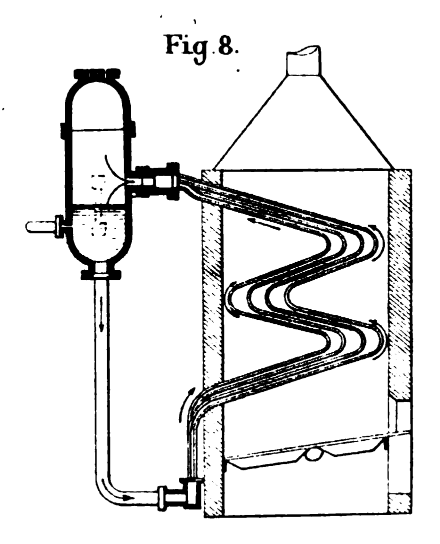


Le faisceau aquitubulaire forme encore grille ; les joints des tubes à eau avec le collecteur supérieur C et avec le distributeur inférieur D sont en quinconce.

Mais bientôt, des lois votées et promulguées sous l'influence des Compagnies de chemins de fer détruisent la locomotion automobile et avec elle, ces essais de chaudières légères et puissantes.

Il faut venir en France pour trouver des générateurs aquitubulaires marins ayant fonctionné régulièrement.

Vers 1855, M. Sochet, directeur des Constructions navales construisit une chaudière d'atelier, tandis que M. Belleville commençait par l'installation de la *Biche* la longue suite d'études qui l'ont conduit aux générateurs actuels.


Fig. 8.

La chaudière Sochet fut abandonnée pour des raisons difficiles à expliquer, vu qu'elle était parfaitement conçue ainsi que le montre le dessin que nous empruntons au bel ouvrage de M. Bertin (1) (*fig. 8*).

La chaudière de la *Biche* consistait en serpentins à éléments verticaux; l'eau et les produits de la combustion circulaient en sens inverse et il y avait un réchauffeur d'alimentation. La figure 9, également empruntée à l'ouvrage de M. Bertin, cité plus haut, en montre le type.

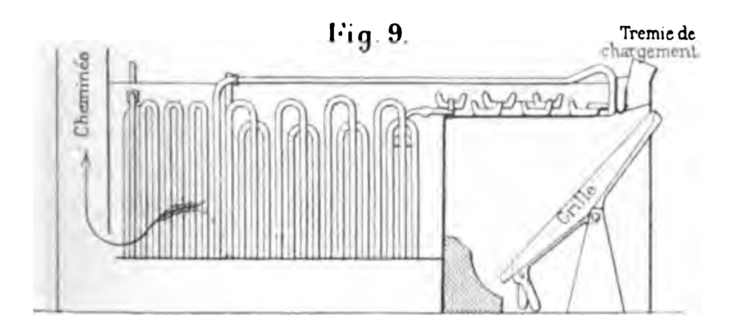


Fig. 9.

Les essais ne réussirent pas.

Mais M. Belleville ne se découragea point, et malgré plusieurs

(1) *Chaudières marines. Cours de Machines à vapeur professé à l'École d'application du Génie maritime*, par M. L.-E. Bertin. — E. Bernard et Cie, édit., 1896.

tentatives malheureuses, finit en 1872 par trouver une disposition qui ne diffère des chaudières Belleville d'aujourd'hui que par l'absence de collecteur séparateur et le détendeur.

En 1878, la chaudière Belleville actuelle était créée et constituait le premier générateur aquitubulaire qui ait fonctionné en service courant.

Vers cette époque, le capitaine de frégate du Temple construisit des générateurs offrant, comme disposition des serpentins, une certaine analogie avec la disposition de la chaudière Sochet. Le commandant du Temple, qui d'ailleurs ne semble point avoir eu connaissance des travaux de M. Sochet, arriva presque du premier coup à la disposition de la chaudière actuelle qui porte son nom.

De 1885 à 1895, les progrès des chaudières aquitubulaires ont occupé de plus tous ceux qui s'occupent de construction navale tant en France qu'à l'Étranger.

Dans ces deux dernières années, la question est devenue plus pressante encore ; les nombreuses avaries des chaudières du type locomotive et du type *Amirauté ;* la mise en service des générateurs Belleville sur les grands navires britanniques ; les efforts des constructeurs de torpilleurs et d'avisos-torpilleurs ; les polémiques passionnées qui ont eu lieu sur ce sujet ; et enfin l'adoption par M. Bertin de chaudières Guyot — du Temple pour le *Château-Renault* et la *Jeanne-d'Arc*, montrent que, de tous les problèmes actuels en constructions navales, il n'en est point de plus intéressant que ceux des chaudières aquitubulaires.

CHAPITRE II

MONOGRAPHIES DES DIVERS SYSTÈMES DE GÉNÉRATEURS AQUITUBULAIRES

I. — Monographies des générateurs aquitubulaires.

Les divers modèles de générateurs aquitubulaires sont décrits dans l'ordre suivant :

PREMIÈRE CLASSE : GÉNÉRATEURS A CIRCULATION NATURELLE (1).

Premier groupe. — Générateurs dont la circulation constitue un cycle non réversible.

Première catégorie : Avec faisceaux aquitubulaires formés d'éléments droits :

Belleville.

Deuxième catégorie : Avec faisceaux aquitubulaires formés d'éléments courbes :

Thornycroft.

Deuxième groupe. — Générateurs dont la circulation constitue un cycle réversible.

Première catégorie : Avec faisceaux aquitubulaires formés d'éléments droits :

Lagrafel et d'Allest, Niclausse, Yarrow.

Deuxième catégorie : Avec faisceaux aquitubulaires formés d'éléments courbes :

Du Temple et Du Temple-Guyot, Leblond et Caville, Normand et Sigaudy-Normand.

DEUXIÈME CLASSE : GÉNÉRATEURS A CIRCULATION ARTIFICIELLE.

Premier groupe. — Générateurs dont la circulation constitue un cycle non réversible.

Première catégorie : Avec faisceaux aquitubulaires formés d'éléments droits :

Dubiau, Bellens.

Deuxième catégorie : Avec faisceaux aquitubulaires formés d'éléments courbes :

Solignac.

(1) Pour la définition de la circulation naturelle, de la circulation artificielle et de la circulation constituant un cycle non réversible ou un cycle réversible, voir la théorie générale de la circulation hydro-thermique.

Cette classification sera sans doute critiquée ; elle a l'inconvénient de rapprocher parfois des générateurs qui passent pour avoir des qualités et des défauts différents à certains égards.

Nous l'avons pourtant adoptée après avoir étudié la plupart des autres classifications et après mûres réflexions.

En effet, grouper, comme on le fait quelquefois, les chaudières d'après des qualités présumées et qui d'ailleurs, pour un même système peuvent dépendre de modifications de détail, serait, à notre avis se lancer dans un ordre d'idées dangereux et, s'exposer à soulever des réclamations et des constestations fâcheuses; en tout cas, ce serait absolument arbitraire et n'aurait rien de scientifique.

Il en est de même des classifications basées sur des caractéristiques non définies telles que, par exemple, gros tubes et petits tubes, ou encore tubes inclinés et tubes peu inclinés; nous avouons ne pas savoir ce qu'est un gros tube, ou un petit tube, un tube peu ou très incliné.

La seule classification non pas parfaite — car la perfection n'existe pas — mais acceptable au point de vue scientifique est, à notre avis, la classification qui prend pour base fondamentale, la circulation elle-même, parce que la circulation est dans les chaudières aquitubulaires comme dans les corps organisés, la condition même de l'existence.

Ensuite, nous avons pris comme catégories — auxquelles nous n'attachons d'ailleurs point une importance capitale — la forme rectiligne ou curviligne des tubes, vu que cette différence est sans contredit la plus importante des caractéristiques de construction au point de vue de la fabrication, de la visite et du nettoyage des tubes; de plus elle constate un fait, et non une appréciation ou une hypothèse.

Enfin, le rapprochement de générateurs différents à certains égards n'est pas sans intérêt, car il montre que l'on peut obtenir parfois des résultats analogues à l'aide de dispositions différentes et de groupements différents des mêmes éléments primordiaux.

II. — Chaudière Belleville.

La chaudière Belleville est formée d'une série d'éléments verticaux indépendants, placés côte à côte entre un collecteur horizontal recevant la vapeur et un distributeur horizontal inférieur fournissant l'eau d'alimentation aux divers éléments.

Chaque élément est formé de tubes légèrement inclinés alternativement dans un sens et dans l'autre, et reliés par des boites de raccord horizontales, de manière à constituer une sorte de serpentin aplati dont les boites forment les coudes *(fig. 1, Pl. 188)*. Le faisceau tubulaire est enfermé dans une tôlerie munie de portes pour le foyer, pour le cendrier et pour les boites à tubes, et portant à sa partie supérieure l'embase de la cheminée. Le foyer est garni de briques réfractaires. Des chicanes allongent le parcours des gaz chauds.

Les tubes sont taraudés à leurs extrémités ; ils sont tous vissés dans les boites arrière, mais un seul est vissé dans chacune des boites avant, l'autre s'assemblant au moyen d'un manchon fileté *b* *(fig. 2, Pl. 188)* vissé d'abord sur le tube, puis sur un second manchon taraudé *a* engagé à force dans le trou de la boite.

Une bague *c* parfait l'étanchéité du joint ; cette bague existe également en arrière des tubes vissés directement.

Les boites avant ont chacune deux trous de visite, un en face de chaque tube. Ces orifices sont fermés par des bouchons autoclaves.

Toutes les boites à tubes portent des taquets femelles en dessus et mâles en dessous qui limitent la hauteur et assurent la direction rectiligne verticale de l'élément.

Les éléments se raccordent avec le distributeur par un manchon cône *m* sur lequel repose la boite inférieure avant B par l'intermédiaire d'une bague en nickel *(fig. 3, Pl. 188)*. Un boulon *d*, engagé d'une part dans une oreille venue de fonte avec la boite, d'autre part dans une cornière *e* fixée au distributeur, assure le joint.

Le raccord avec le collecteur s'effectue au moyen de tubulures vissées dans la paroi du collecteur, et débouchant à une certaine hauteur au-dessus du fond de celui-ci.

Pour séparer la vapeur et l'eau, le collecteur est pourvu d'une cloche intérieure C *(fig. 3, Pl. 188)* et de cloisons disposées en chicane 1, 2, 3, dont la première et la dernière sont munies de peignes à leurs extrémités. Les changements brusques de direction auxquels donnent lieu ces cloisons assurent la séparation de l'eau et de la vapeur, les peignes facilitent cette séparation, l'eau coulant par les pointes tandis que la vapeur passe.

L'eau d'alimentation est amenée d'abord dans le collecteur ; elle y pénètre vers le milieu et, lancée à très haute pression contre la paroi extérieure de la cloche C, tombe sous forme de poussière

liquide qui se mêle à l'eau abandonnée par la vapeur. Ce mélange, déjà fortement réchauffé, gagne ensuite le distributeur par les tubes de retour munis à leur partie inférieure de récipients déjecteurs dans lesquels sont retenus les dépôts boueux.

Dans le type nouveau de générateur adopté en 1896 (*fig. 4, Pl. 188*), les éléments vaporisateurs ne comportent plus que 6 ou 7 étages de tubes au lieu de 9 ou 10, et les tubes supprimes sont remplacés par des éléments formés de tubes d'un diamètre plus petit et placés dans le conduit de fumée au-dessus ou à côté des éléments vaporisateurs. Ce deuxième faisceau, dit *économiseur*, contient exclusivement de l'eau.

La surface de chauffe par mètre carré de grille est augmentée; en outre, cette disposition procure entre les deux faisceaux une chambre de combustion complémentaire où, sous l'action de jets d'air convenablement disposés, la combustion s'achève d'une façon complète. Des jets d'air lancés assurent d'ailleurs déjà le brassage énergique des gaz immédiatement au-dessus de la grille.

Les générateurs Belleville comportent un certain nombre d'accessoires qui doivent être considérés comme faisant partie intégrante du système : cheval alimentaire, pour l'alimentation à haute pression ; colonne automotrice de niveau ; épurateur général ; régulateur détendeur. Ces divers organes seront examinés successivement.

Cheval alimentaire. — Le cheval alimentaire se compose d'un cylindre à vapeur A et d'un corps de pompe B dont les axes sont dans le prolongement l'un de l'autre. Les tiges du piston à vapeur *d* et du piston à eau *e* sont reliés à un même taquet *f* qui, par l'intermédiaire d'un levier à trois branches G, actionné vers les fins de course par le taquet même, règle le mouvement du tiroir de distribution de vapeur (*fig. 5, Pl. 188*.

La pompe est à double effet; elle a deux séries de clapets d'aspiration et deux séries de clapets de refoulement ; le nombre des clapets dans chaque série est d'ailleurs proportionné au débit. A une dizaine de millimètres de chacune des fins de course, le piston à eau E rencontre un linguet qu'il repousse, ouvrant ainsi un petit orifice qui fait communiquer le bout correspondant de la pompe avec la capacité dans laquelle se fait l'aspiration ; il en résulte une chute de pression du côté du refoulement et, pour le piston, une accélération qui favorise le déplacement du tiroir de distribution.

Le cheval alimentaire ne doit jamais s'arrêter ; quand l'alimentation est suspendue, il marche à une allure très lente, et l'eau est refoulée par les petits orifices masqués par les linguets-clapets dont il vient d'être question.

Régulateur d'alimentation. — La colonne automotrice de niveau a pour but d'assurer le maintien d'un régime constant dans les éléments. Cette colonne, qui porte les robinets du tube-niveau et les robinets de jauge, est interposée sur une conduite reliant la première et la dernière boite d'un même élément ; le niveau de l'eau y est par suite le même que dans le faisceau tubulaire.

Pour que les variations du plan d'eau dans la colonne se répercutent sur l'alimentation, un flotteur B est logé dans la colonne *(fig. 6, Pl. 188)*; il est suspendu à l'extrémité d'un levier C oscillant autour d'un axe *1* et dont l'autre extrémité porte un galet *2* qui agit par l'intermédiaire d'un poinçon D sur le levier extérieur E. Ce levier oscille autour d'un axe *4*; l'une de ses extrémités agit, par le poinçon F sur un clapet *f* commandant l'arrivée de l'eau d'alimentation; l'autre extrémité porte un contrepoids *g* dont l'action est renforcée par celle d'un ressort à boudin *h*.

Le flotteur étant réglé une fois pour toutes de manière que, au niveau normal, l'ouverture du clapet *f* soit suffisante pour entretenir ce niveau, on comprend que les variations du niveau de l'eau déterminent le mouvement du clapet dans le sens convenable pour réduire ou augmenter selon le cas la section d'alimentation. Le réglage du niveau s'effectue en augmentant ou diminuant le nombre des rondelles du contrepoids.

Épurateur général. — L'épurateur général destiné à retenir l'eau provenant soit de la vapeur condensée dans les tuyaux, soit des entrainements accidentels, se compose *(fig. 7, Pl. 188)* d'un récipient cylindrique A portant deux tubulures, l'une *a* pour l'arrivée de la vapeur fournie par la chaudière, l'autre *a'* pour la sortie de la vapeur vers le détendeur et les machines. Une cloison B oblige la vapeur à descendre pour pénétrer dans la gaine annulaire *b* où se trouve l'orifice de sortie *a'*. Cet orifice est notablement plus petit que celui d'entrée, en vue d'éviter les dépressions brusques dans l'épurateur et les entrainements de l'eau qui se trouve au fond. Un chapeau *2* arrête d'ailleurs la plus grande partie de l'eau qui pourrait être entrainée ainsi.

La purge de l'eau de l'épurateur est assurée d'une façon nato-

matique. Le clapet de purge *f* est maintenu fermé par la pression qu'exerce la vapeur sur un piston de surface double ; il suffit donc que cette pression cesse de s'exercer pour que, sous l'action de la vapeur contenue dans l'épurateur, le clapet *f* se soulève et livre passage à l'eau ; le rétablissement de la pression audessus du piston ramène naturellement le clapet sur son siège

Cette double manœuvre est obtenue automatiquement au moyen d'une boîte de distribution commandée par un flotteur G logé dans l'épurateur et équilibré par un contrepoids extérieur H. Le poinçon *m* reçoit par le tuyau *3* la poussée de la vapeur de l'épurateur ; le dessous du poinçon *n* est au contraire en communication par le tuyau *4* avec le tuyau F allant au condenseur ; enfin les boîtes M et N communiquent entre elles et sont reliées par le tuyau *d* à la capacité supérieure de la boîte D du clapet de purge.

Normalement la vapeur de l'épurateur passe dans les deux boîtes M et N pour venir exercer par le tuyau 5 son action sur le piston maintenant fermé le clapet de purge. Le poinçon *n* repose sur son siège et le tuyau *4* ne reçoit pas de vapeur. Mais dès que l'eau atteint le flotteur, celui-ci se soulève et provoque par l'intermédiaire de leviers convenables l'abaissement du poinçon *m* et le relèvement du poinçon *n*, d'où suppression de l'admission de vapeur sur la face supérieure du piston et mise en communication des boîtes avec le condenseur. Le clapet *f*, ne rencontrant plus de contre-pression, se soulève à son tour et la purge se produit. Dès que le niveau de l'eau est suffisamment redescendu, le flotteur s'abaisse, les poinçons *m* et *n* reprennent leurs positions primitives et le clapet *f* se referme.

Pour obtenir la purge à la main, il suffit d'appuyer sur le contrepoids de l'automotrice, ce qui produit évidemment le même effet que l'ascension du niveau de l'eau dans l'épurateur général.

Régulateur-détendeur. — Le régulateur détenteur est destiné à atténuer dans la plus large mesure possible les variations de pression pouvant résulter des intermittences de chauffe et des opérations de décrassage des foyers.

Ce régulateur se compose *(fig. 8, Pl. 188)* d'un corps en fonte, en bronze, ou préférablement, en acier pourvu d'une chemise B en bronze dur qui porte deux séries d'orifices pour le passage de la vapeur. Un clapet à lanterne, percé d'orifices correspondants et commandé par un piston plongeur D sur lequel agit la vapeur, permet de régler la section de passage. Suivant en effet que la

pression augmente ou diminue, le piston, sollicité par un système de ressorts, se déplace, entraînant la lanterne, de manière à diminuer ou à augmenter selon le cas la section de prise de vapeur. Ce dispositif permet en outre de constituer un volant de chaleur qui atténue les inconvénients qu'offre la sensibilité de régime résultant du faible volume d'eau contenu dans la chaudière. Il suffit de régler le détendeur de façon qu'il donne une chute de pression de quelques kilogrammes pour éviter que les légères variations de débit de la chaudière ne se répercutent aux machines.

Fabrication. — Les tubes sont en acier soudé ou sans soudure ; ils ont de 82 à 115 *mm* de diamètre extérieur ; leur épaisseur varie selon le diamètre, mais les tubes des premiers rangs sont toujours plus épais que les autres. Pour les tubes de 100 *mm* de diamètre intérieur, par exemple, l'épaisseur courante étant de 4 *mm*, celle des tubes des premier et deuxième rangs sera de 8 *mm*, et celle des tubes des troisième et quatrième rangs de 6 *mm*. Conformément aux conditions de recette imposées par la Marine, l'acier doit donner une résistance moyenne de 35 à 42 *kg* et 18 0/0 d'allongement moyen minimum pour les tubes de plus de 3 *mm* d'épaisseur.

Les boîtes sont en fonte malléable et les accessoires en acier moulé. Toutes les tôles sont des tôles d'acier donnant une résistance de 40 à 45 *kg* suivant les épaisseurs, avec un allongement final moyen d'au moins 22 à 26 0/0.

Tous les joints sont disposés avec emboîtement résultant de la disposition des brides dont l'une porte une saillie pénétrant dans une gorge pratiquée sur l'autre. Les joints des bouchons de visite des éléments et des collecteurs d'alimentation sont faits avec des rondelles de carton d'amiante appliquées à sec sur le bouchon et enduites de graisse Belleville sur la face qui est en contact avec les boîtes ou les collecteurs.

Données caractéristiques. — Les chaudières ordinaires pour grands navires pèsent 5 850 *kg* par mètre carré de surface de grille, eau et accessoires compris ; pour les chaudières récentes du *Charlemagne*, du *Gaulois* et du *Saint-Louis*, ce poids descend à 5 350 *kg*.

Pour les générateurs avec économiseur, le poids par mètre carré de grille d'un groupe varie de même de 5 500 à 6 200 *kg* suivant que les générateurs groupés sont plus ou moins nom-

breux, qu'ils ont un fond commun ou qu'ils sont séparés. Ces poids comprennent tous les accessoires, pompes alimentaires, machines de compression, ventilateur des chaufferies, eau des chaudières et des bâches, etc. Le poids d'eau contenue dans les générateurs est de 365 *kg* par mètre carré de surface de grille ou 11,75 *kg* par mètre carré de surface de chauffe.

Dans les types usuels, le rapport entre la surface de chauffe et la surface de grille varie entre 30,5 et 32 ; il atteint 34 0/0 sur les cuirassés et croiseurs anglais du type *Canopus* et *Amphitrite*. Le poids par mètre carré de surface de chauffe varie donc de 172 à 194 *kg*.

Les chiffres suivants, relatifs à l'encombrement et au volume, sont ceux qui s'appliquent au croiseur anglais de 2e classe *Hyacinth*.

Pour une surface de grille de 24,54 et une surface de chauffe de 747,78, la surface occupée par la projection horizontale est de 37,94 m^2 et la surface de la projection sur un plan vertical de 32,05. Le volume ressort à 5,670 m^3 par mètre carré de surface de grille et 0,186 par mètre carré de surface de chauffe. Les constructeurs indiquent en outre les chiffres généraux suivants :

Section intérieure des tubes de retour par mètre carré de surface de grille = 32,50 cm^2.

Section du tuyau d'alimentation par mètre carré de grille = 125 mm^2.

Collecteur d'alimentation = 25 cm^2.

Cheminée = 12,50 dm^2.

Combustion. — La mise en pression n'exige, d'après les constructeurs, que 20 à 25 minutes, avec le charbon type Cardiff ; les consommations normales par mètre carré de surface de grille sont de 120 *kg* au tirage naturel, 150 *kg* au tirage activé et 180 *kg* et plus au tirage forcé ; les dépressions au pied de la cheminée étant respectivement dans les trois cas, 12 *mm*, 15 à 18 *mm*, 20 à 25 *mm*. Le tirage en chambre close est le mode de tirage préféré par les constructeurs qui indiquent d'autre part comme épaisseur de la couche de charbon sur les grilles 120, 140, 160 *mm*, suivant qu'il s'agit de marche au tirage naturel, au tirage activé ou au tirage forcé.

Des essais d'une durée de 4 *h* ou de 8 *h*, faits sur les chaudières du type économiseur ont donné les résultats suivants :

VAPEUR PRODUITE		CHARBON BRULÉ	TEMPÉRATURE DES GAZ		RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU (1)
par MÈTRE CARRÉ de grille et par heure	par KILOGRAMME de charbon	par mètre carré de grille et par heure	AVANT l'économiseur	APRÈS l'économiseur	
713 (²)	10,23	69,7	317	185	72,7
846 (²)	9,74	86,9	369	206	73,3
934 (²)	9,46	98,7	374	221	74,4
1 107 (³)	9,33	118,3	392	268	82,9
1 304 (³)	9,18	142,0	534	333	108,7
1 529 (³)	8,82	173,4	663	379	118,5

(1) Différence entre les températures avant et après l'économiseur.

(2) Essais faits sous le contrôle de la Marine française, la température initiale de l'eau étant de 13°.

(3) Essais faits par un gouvernement étranger, la température initiale de l'eau étant de 20°.

Sans dépasser les combustions actuellement admises à bord des grands navires, de 140 à 150 *kg* de charbon par mètre carré de grille et par heure, le type nouveau peut donc produire 1 300 à 1 400 *kg* de vapeur par mètre carré de grille.

Le diagramme *(fig. 9, Pl. 188)* permet, d'ailleurs, de se rendre compte de l'amélioration réalisée avec le nouveau type. Sur ce diagramme, les ordonnées représentent la vaporisation par kilogramme de charbon ramenée à 100° pour tenir compte, dans la mesure du possible, des différences de température de l'eau d'alimentation et de la pression des différentes chaudières essayées. Les abscisses représentent les vaporisations par mètre carré de surface de chauffe calculées de la même façon.

La courbe A traduit les résultats donnés plus haut, relatifs aux chaudières avec économiseur; la courbe B a trait à une chaudière sans économiseur (moyenne de nombreux essais faits par la maison Belleville) sur des générateurs avec tubes de même diamètre que le générateur d'essai à économiseur; la courbe C donne les valeurs $\frac{A-B}{B}$ de l'augmentation totale de rendement pour les diverses valeurs de production de vapeur par mètre carré de grille. Enfin, les courbes D et E représentent les variations de la température des gaz avant et après l'économiseur et la courbe F la

différence entre les températures de l'eau d'alimentation avant et après l'économiseur.

Le système nouveau a été appliqué pour la première fois à bord du *Laos*, grand paquebot à deux hélices de la Compagnie des Messageries maritimes ; il est également appliqué à cinq cuirassés d'escadre anglais du type *Canopus* et à quatre croiseurs de 1re classe anglais du type *Amphitrite*.

Les générateurs Belleville sont habituellement timbrés à 23, 17 ou 15 *kg;* certains ont fonctionné d'une façon courante à 25 *kg* (Indret) et même 35 *kg* (Toulon).

Entretien. — Les tubes peuvent être ramonés à chaud avec la lance à vapeur ; ce ramonage est pratiqué toutes les vingt-quatre heures et aussi rapidement que possible pour éviter les pertes excessives d'eau douce. On commence naturellement par les rangées supérieures ; le ramonage terminé, on procède au décrassage des grilles. Cette dernière opération doit d'ailleurs être faite toutes les huit heures.

A froid, le nettoyage extérieur des tubes est pratiqué à la raclette et à la brosse introduites dans le faisceau tubulaire par les intervalles horizontaux et verticaux qui existent entre les boites de raccord de l'avant.

Le nettoyage intérieur des tubes se fait à l'aide d'une brosse en ruban d'acier trempé, contournée en hélice ; les tubes sont ensuite rincés à l'eau pure ; ils doivent être grattés à la raclette de temps à autre. De même, après 800 ou 1 000 heures de chauffe, il convient de procéder à un lessivage au carbonate de soude pour enlever les dépôts dus aux matières grasses entraînées par l'eau d'alimentation. Le nettoyage n'exige pas le démontage des tubes, il suffit d'ouvrir les bouchons de visite.

En cas d'avarie à un tube dans une chaudière en pleine pression, les constructeurs estiment à 5 ou 6 heures le temps nécessaire pour la réparation : 5 minutes pour jeter feu bas ; 5 à 6 minutes pour vider la chaudière ; 4 à 5 heures pour sortir et changer le tube avarié, tout de suite visible ; une dizaine de minutes pour remplir la chaudière ; de 15 à 20 minutes pour la mise en pression. Le tube à changer peut d'ailleurs être démonté aussitôt la chaudière vide.

Les constructeurs affirment que les plus violents coups de feu n'agissent que sur les tubes et jamais sur les boîtes de raccord ;

en tout cas, le remplacement d'une boîte demanderait de 5 à 6 heures.

Il suffit, pour toutes les réparations et les manœuvres d'entretien, qu'un espace libre au moins égal à la longueur d'un élément règne en avant de la façade. De même pour le montage, le panneau de la cheminée suffit pour l'introduction de toutes les pièces du générateur.

Quand les générateurs doivent rester longtemps en repos, on les remplit, après nettoyage, avec de l'eau douce additionnée de 2 *kg* de chaux par mètre cube ; dans les pays froids où la congélation de l'eau est à craindre, on badigeonne l'intérieur des tubes à la chaux.

Prix. — Le prix varie suivant l'importance et la disposition des installations. Il est sensiblement le même qu'avec les chaudières cylindriques, l'excédent de poids de celles-ci compensant largement la différence qui peut exister entre les prix du kilogramme dans deux cas.

Les chaudières Belleville sont d'un usage très répandu aussi bien dans la marine marchande que dans la marine de guerre. Les navires marchands (Messageries Maritimes, service Dieppe-Newhaven, Compagnie Américaine), ayant adopté ce générateur, disposent d'une puissance totale de 80 000 *ch*. Sur la marine de guerre française, les chaudières Belleville alimentent des machines d'une puissance totale de 200 000 *ch*. Parmi les principaux bâtiments qui en sont pourvus, on peut citer : les cuirassés *Brennus* (14 000 *ch*), *Bouvet* (14 000 *ch*), *Charlemagne, Gaulois, Saint-Louis* (14 500 *ch*), les croiseurs *Pothuau* (10 000 *ch*), *Protet* (9 000 *ch*), *Alger* (7 400 *ch*) ; le croiseur cuirassé *Bugeaud* (9 000 *ch*), etc.

Les marines anglaise, russe, japonaise, autrichienne, italienne, chilienne, etc., les ont également adoptées pour une puissance totale de près de 450 000 *ch*, dont 300 000 pour la marine anglaise.

Parmi les navires anglais, on peut citer les croiseurs cuirassés *Powerful* et *Terrible* (25 000 *ch*), les croiseurs *Argonaut*, *Ariadne*, *Amphitrite*, *Spartiate* (18 000 *ch*), *Albion* (13 500 *ch*), etc., et parmi les navires russes, les croiseurs *Rossya* (14 500 *ch*), *Svetlana* (8 500 *ch*), *Diana*, *Pullada* (11 000 *ch*), etc.

Il est juste de faire remarquer que la chaudière Belleville est de beaucoup la mieux connue parmi les générateurs aquitubulaires : les très nombreuses applications qui en ont été faites dans toutes les marines; les longues suites d'études et d'expériences

faites depuis quarante ans par la maison Belleville; et enfin, le fait que ce générateur est employé en service courant par les Messageries Maritimes pour les longues traversées d'Australie, ne laissent aucun doute à cet égard. La plus stricte équité exige cette constatation.

III. — Chaudières Thornycroft.

Description générale. — La chaudière Thornycroft comporte un collecteur supérieur et deux distributeurs inférieurs situés symétriquement par rapport à l'axe du collecteur. Collecteur et distributeurs sont perpendiculaires à la face de la chaudière; chaque distributeur est relié au collecteur par un faisceau de tubes formant voûte au-dessus du foyer, et débouchant dans le collecteur au-dessus du niveau de l'eau. De gros tubes de retour descendant du collecteur à chaque distributeur, complètent le circuit *(fig. 10, Pl. 189).*

Les tubes sont simplement mandrinés aux raccords avec le collecteur et avec les distributeurs. Leur épaisseur varie avec le diamètre; celui-ci n'est en moyenne que de 22 à 31 *mm*; pour les tubes de 31 *mm*, l'épaisseur est de 3 *mm*.

Les deux rangées extérieures de tubes sont jointives, de manière à former une enveloppe complète de tubes à eau et à éviter les pertes de chaleur. Les deux rangées intérieures forment également cloison, mais seulement à partir d'une certaine hauteur au-dessus des distributeurs; il résulte de cette disposition que les produits de la combustion montent d'abord au sommet de la chambre de combustion, redescendent le long de la rangée jointive intérieure, puis passent de part et d'autre sous la cloison formée par cette rangée et remontent à travers le faisceau tubulaire pour gagner la cheminée. Les constructeurs admettent l'usage éventuel de jets d'air pour assurer le mélange intime des gaz combustibles, mélange que facilite d'ailleurs l'importance de la chambre de combustion. Le collecteur supérieur contient un écran à bords dentelés qui favorise la séparation de la vapeur et de l'eau entraînée.

Dans le cas d'un groupe alimenté par une seule pompe, l'usage d'un régulateur d'alimentation s'impose; ce régulateur, placé dans le collecteur même est un simple robinet à flotteur équilibré. Une tige, que l'on peut manœuvrer du dehors, permet d'ailleurs de déplacer le point d'appui du levier de commande du robinet

et de régler celui-ci de manière qu'il fonctionne toujours pour un niveau déterminé, quelle que soit la pression de la vapeur.

En 1892, M. Thornycroft a imaginé une nouvelle disposition qui facilite le groupement et qui doit encore augmenter la rapidité de circulation. Les expériences comparatives faites en notre présence à l'usine Thornycroft ne semblent laisser aucun doute à l'égard de la supériorité du second type pour lequel le plan d'eau dans le collecteur est beaucoup moins mobile et qui a été appliqué notamment au *Daring* de la marine anglaise.

Il n'y a plus pour chaque élément qu'un distributeur placé dans l'axe du collecteur auquel il est relié par deux faisceaux tubulaires formant le V et par des tubes de retour répartis sur la longueur dans le vide laissé entre ces faisceaux.

Chaque élément se trouve chauffé par deux grilles sauf aux extrémités où les grilles ne chauffent que la moitié d'un élément; aussi sont-elles plus petites. Le foyer de ces petites grilles est fermé, du côté de la paroi extérieure, par une cloison de tubes jointifs alimentés par un distributeur de diamètre réduit.

Un troisième type est recommandé pour les embarcations de rivière ; dans ce type très léger, la grille est constituée par des tubes à eau dans lesquels la circulation est, paraît-il, assez active pour que les tubes restent froids et que le mâchefer ne s'y colle pas. Ce modèle ne comporte également qu'un seul distributeur.

Fabrication. — Les générateurs sont établis en acier doux Martin-Siemens ; d'après les constructeurs, les expériences ont montré que les métaux non susceptibles de corrosion tels que le cuivre, donnaient des tubes incapables de résister aux hautes températures.

Voici les conditions de recette du métal :

	Effort final de traction. Pas plus de :	Effort final de traction. Pas moins de :
	—	—
a) Pièces annulaires coupées dans les bandes servant à faire les tubes. . . .	37,8 *kg*	33 *kg*
b) Pièces annulaires coupées dans les tubes	40,9	

L'allongement moyen sur une longueur de 0,20 *m* doit être pour les échantillons *a* de 25 0/0 et pour ceux *b* de 20 0/0.

Données caractéristiques. — Le tableau suivant résume les données caractéristiques relatives à chaque élément des chaudières du *Speedy* et à celles du *Bellona.*

	Speedy.	*Bellona.* type *Daring.*
	—	—
Poids de la chaudière pleine.	11,8 *t*	12,1 *t*
Poids de la chaudière vide	10,2	11,00
Longueur de la chaudière.	»	2,36 *m*
Largeur de la chaudière	»	3,30
Hauteur de la chaudière	»	2,84
Surface de chauffe	170,9 m^2	195,46 m^2
Surface de grille.	2,37	3,99
Rapport entre ces deux surfaces. . . .	72,1	54,65
Projection horizontale du générateur . .	»	7,77
Projection verticale du générateur . . .	»	7,01
Volume total.	»	2,910 m^3

Combustion. — Les constructeurs estiment à vingt minutes le temps nécessaire pour la mise en pression. Ils donnent les chiffres suivants de consommation avec du charbon gallois.

	Consommation par heure et par m^2 de grille.	Epaisseur de la couche de charbon sur la grille.	Dépression de l'air en *mm* d'eau.	Température des gaz dans la cheminée.
	—	—	—	—
	kg	*m*	*mm*	*degrés.*
Tirage naturel. . .	98 à 122	0,10	12,5	243
Tirage activé . . .	170 à 196	0,15	37,5	320
Tirage forcé. . . .	294 à 342	0,20	62,5	420

Les feux sont nettoyés à huit heures d'intervalle ; la composition des gaz de la combustion serait la suivante :

	Tirage naturel.	Tirage activé.	Tirage forcé.
	—	—	—
Acide carbonique	11,75	11,80	12,60
Oxyde de carbone. . . .	0,10	0,62	2,29
Oxygène.	7,70	7,29	4,45
Azote	80,45	80,29	80,66
		100	

Le tirage en chambre close est le mode préféré de tirage forcé. La section de la cheminée est tenue égale environ au 1/8 de la

surface de grille et le parcours moyen des gaz chauds, depuis la grille jusqu'à la base de la cheminée est de 6 *m* dont 4,50 *m* environ dans le faisceau tubulaire.

Les chaudières sont généralement timbrées à 14 *kg*.

Le poids d'eau tranformée en vapeur sèche à la pression de régime, par kilogramme de charbon, est de 10,8 *kg* — 10 *kg* ou 8,9 *kg* selon qu'il s'agit du tirage naturel, du tirage activé ou du tirage forcé ; ce poids étant ramené, comme il est d'usage en Angleterre, à ce qu'il serait avec de l'eau à 100 degrés transformée en vapeur à 100 degrés.

Des essais officiels effectués à l'usine sur la chaudière n° 4, destinée à la *Bellona*, ont donné les résultats suivants (1) :

DURÉE de L'ESSAI	PRESSION DE L'AIR EN MILLIMÈTRES D'EAU		PRESSION à la CHAUDIÈRE	TEMPÉRATURE			CHARBON BRULÉ par heure et par mètre carré de surface de grille	EAU ÉVAPORÉE par kilogr. de charbon ramenée à 100°
	dans la cheminée	dans la chambre de combustion		DE L'EAU d'alimentation	DES GAZ dans la cheminée	DE L'AIR extérieur		
heures			*kg*	degrés	degrés	degrés	*kg*	*kg*
2	14,7	2,8	12,9	4	250	8,5	118,1	10,79
4	14,7	3,1	13,1	3,8	248,9	8,0	124,2	10,04
5	19,4	4,2	13,1	3,7	267,8	6,1	152,5	9,82
4	13,3	7,36	12,8	3,7	345	9,2	232,4	8,91
16	3,8	2,9	13,8	4,5	374,4	12,2	130,0	9,65

Les constructeurs donnent d'ailleurs comme vaporisation par mètre carré de grille et par heure les chiffres suivants :

Tirage naturel . . . . 1 152,2 *kg*
Tirage activé. 1 943
Tirage forcé 2 202

Les chaudières travaillent généralement à 14 *kg* de pression ; elles ont été poussées jusqu'à 17,5 *kg*.

La surface de section des tubes est de 4 476 cm^2 et celle des tuyaux de retour de 587 cm^2 ce qui porte la surface totale à 5 063 cm^2.

Entretien. — Le ramonage des tubes est pratiqué soit à la lance à vapeur, soit à la brosse ; quant au nettoyage intérieur, les cons-

(1) Essais faits par l'Amirauté à l'usine, la vapeur produite étant rejetée au dehors par la prise principale. Le tirage était assuré par un jet de vapeur dans la cheminée.

tructeurs estiment qu'il n'est pas nécessaire, l'agencement de la chaudière devant assurer une circulation assez active pour qu'il ne puisse se produire de dépôt dans les tubes.

Il est de fait que les tubes des chaudières de l'usine ne sont jamais nettoyés, malgré que l'eau d'alimentation soit détestable ainsi qu'en témoignaient les masses de conglomérats que nous avons vu extraire des distributeurs.

L'outillage de réparation ne comporte qu'une clé et un mandrin spécial. En cas d'avarie à un tube, on se contente de le tamponner à ses deux extrémités, les constructeurs jugeant que la suppression de un ou deux tubes n'a que peu d'influence sur le rendement. Ce double tamponnage n'exigerait pas plus de trois heures, y compris la remise en pression; voici d'ailleurs le détail communiqué par les constructeurs pour une chaudière de leurs ateliers.

1 h. 50. La vapeur s'échappe sur le foyer.
1 h. 55. On jette bas le feu ; on vide la chaudière.
2 h. 35. Ouverture des trous d'hommes du collecteur et des distributeurs.
2 h. 55. Recherche du tube avarié et tamponnage de son extrémité inférieure.
3 h. 55. Tamponnage de l'extrémité supérieure.
4 h. 50. La pression est rétablie à 3,5 *kg*.

Pour l'entretien et les réparations, il suffit que la façade des générateurs soit libre. En chômage, les générateurs sont remplis d'eau légèrement alcaline.

IV. — Chaudières Lagrafel et d'Allest.

Description générale. — Chaque corps de chaudière se compose *(fig. 11, Pl. 189)* d'un faisceau aquitubulaire, rectiligne, incliné sur l'arrière et mettant en communication deux boîtes planes A et B qui forment les faces avant et arrière de la chaudière et débouchent elles-mêmes à leur partie supérieure dans un cylindre C, horizontal ou légèrement incliné. Ce cylindre, dans lequel se trouve le niveau de l'eau, sert de coffre à vapeur: il est normal à la façade. Des orifices circulaires, d'un diamètre légèrement plus grand que le diamètre extérieur des tubes, sont ménagés dans les faces des boîtes A et B pour permettre le nettoyage des tubes et leur remplacement éventuel; ces orifices

sont fermés par des bouchons autoclaves tenus au moyen d'une cloche et d'une tige à écrou.

L'ensemble est boulonné sur un encaissement soit en tôle et cornières, soit en fonte, formant support, et fixé par sa base sur de petites carlingues reliées aux varangues du navire. Cet encaissement contient le foyer, la grille D et le cendrier. La rangée inférieure des tubes est recouverte de briques réfractaires et constitue le ciel du foyer.

Les chaudières sont accouplées deux à deux, côte à côte, de manière à avoir une chambre de combustion commune ménagée entre les faisceaux tubulaires des deux chaudières. La rangée supérieure de tubes de chaque chaudière porte, comme la rangée inférieure, un revêtement en briques réfractaires qui oblige les gaz à s'échapper latéralement. La chambre de combustion est elle-même fermée par une voûte en briques reposant sur deux coussinets qui s'emboîtent dans les tubes voisins.

Les côtés, la façade, le pied des foyers, les autels et l'espace — d'une dizaine de centimètres de longueur — compris entre les deux chaudières accouplées devant et derrière, sont garnis de maçonnerie de briques réfractaires ordinaires : des portes de façade et de côté donnent accès aux cendriers.

Les coffres à vapeur des chaudières sont recouverts d'amiante; les portes à double paroi de la façade avant de chaque chaudière, les façades des foyers, les portes de boîtes à fumée, les conduits de fumée sont garnis de coton siliceux. Enfin la lame d'eau arrière est à la fois garnie d'amiante et de coton siliceux.

Les constructeurs écartent l'emploi de tout régulateur automatique d'alimentation qu'ils jugent inutile et même dangereux en cas de mauvais fonctionnement.

Chaque corps de chaudière comporte deux indicateurs de niveau d'eau reliés l'un au bas de la lame d'eau de devant, l'autre au bas de la lame d'eau de l'arrière. En marche, le niveau dans l'indicateur avant se tient au-dessus du niveau dans l'indicateur arrière; la dénivellation varie de 6 à 12 *cm* suivant la longueur des tubes.

Les chaudières fonctionnent à la pression de régime de la machine; toutefois, pour éviter les pertes de vapeur résultant du soulèvement des soupapes de sûreté, les constructeurs conseillent de faire timbrer les chaudières à 2 ou 3 *kg* au-dessus de la pression de régime de la machine.

Les chaudières comportent deux extractions, l'une de surface

avec entonnoir renversé, placée à l'arrière du coffre de vapeur, à 20 ou 30 *cm* au-dessus du plan d'eau apparent, l'autre de fond, au bas de la lame d'eau arrière pourvue elle-même d'un robinet de vidange.

La prise de vapeur placée au sommet du coffre est munie intérieurement d'une pipette *h* présentant, à sa partie supérieure, une série de petites fentes de 1/2 *mm* de largeur. Cette pipette est protégée par un écran en forme de tuile *i*, fermé par devant, de sorte que la vapeur ne peut arriver à la pipette qu'en passant par l'arrière comme l'indique la flèche J.

Les grilles sont formées de barreaux en fer de 10 à 15 *mm* d'épaisseur avec 7 à 8 *mm* de jour.

Fabrication. — L'acier est exclusivement employé dans la construction des chaudières : acier extra-doux pour les tôles recevant un emboutissage; acier doux pour les tôles simplement roulées ou non embouties. Les premiers donnent une résistance de 38 *kg* et un allongement de 27 0/0; les seconds une résistance de 44 *kg* et un allongement de 22 0/0.

Les tubes sont en acier étiré sans soudure de 3 *mm* d'épaisseur dans l'intérieur du faisceau, de 5 *mm* au coup de feu. La rangée inférieure et le pourtour de la boîte à feu sont établis avec des tubes à ailettes, du système Serve. La section des tubes est réduite sur une certaine longueur à l'arrière où ils ne reçoivent que de l'eau, alors que sur l'avant ils ont à débiter un mélange d'eau et de vapeur, c'est-à-dire un volume plus grand.

Les fonds du réservoir cylindrique et les lames d'eau avant et arrière sont fortement entretoisés.

Joints des tampons de tubes. — Les tubes sont dudgeonnés sur les plaques de tête. Les joints des bouchons autoclaves sont réalisés au moyen de simples rondelles plates, de 4 à 5 *mm* d'épaisseur en toile d'amiante caoutchoutée; la face de la rondelle qui s'applique contre la tôle est enduite de savon vert, ou mieux de graisse minérale, afin que la rondelle se détache facilement de la tôle et qu'elle reste collée au tampon quand on ouvre le joint. A défaut de ces rondelles, on peut employer des rondelles plates de carton d'amiànte de 2 *mm* d'épaisseur au maximum préalablement imprégnées d'huile de lin cuite. Le serrage de l'écrou se fait avec une clef à main de 50 *cm* au plus, manœuvrée par un seul homme. Avant la remise en place d'un tampon, la

tôle doit être grattée de façon qu'il ne reste aucune parcelle adhérente de rouille.

Les joints des trous d'homme et, en général, tous les joints des accessoires qui sont dans la vapeur se font en carton d'amiante de faible épaisseur.

Les joints des portes de visite du bas des lames d'eau se font en toile d'amiante caoutchoutée comme pour les tampons de tubes.

Données caractéristiques. — Les constructeurs règlent à 1/33 le rapport de la surface de grille à la surface de chauffe, lorsque la combustion ne doit pas dépasser 150 *kg* de charbon par mètre carré de grille et par heure. Pour les combustions de 200 *kg* et au-dessus, ils abaissent le rapport à 1/40. D'après eux, le poids par mètre carré de chauffe ressort pour leur générateur à 125 *kg*, tout compris : enveloppes, accessoires, maçonnerie, outillage, etc.; le poids de l'eau serait de 25 *kg* par mètre carré de surface de chauffe.

La surface occupée en projection horizontale, par mètre carré de grille, est en moyenne de 1,70 m^2 par mètre carré de grille ou 0,40 *m* carrés de surface de chauffe. La surface occupée en projection verticale de face est environ de 2 m^2 par mètre carré de surface de grille. Le volume est de 2 m^3 en moyenne par mètre carré de surface de grille. Le volume de la chambre de combustion serait de 0,900 m^3 par mètre carré de grille.

Combustion. — Les constructeurs évaluent à une heure le temps nécessaire pour la mise en pression qu'ils recommandent de ne réaliser que lentement. Ils estiment qu'en marche les grilles doivent être recouvertes uniformément d'une couche de charbon de 10 à 12 *cm* d'épaisseur au maximum et recommandent les chargements fréquents et régulièrement répartis sur toute la surface de la grille, les deux grilles étant chargées alternativement.

Les gaz brûlés dans la chambre de combustion se répandent d'abord à la partie supérieure du faisceau tubulaire où ils sont arrêtés par la voûte centrale et le cloisonnement établi sur la dernière rangée horizontale de tubes. Puis ils rencontrent un écran XY qui masque le haut de la face de sortie du faisceau tubulaire; et oblige les gaz à redescendre pour s'écouler par la section d'évacuation laissée libre par l'écran et qui n'est que de 1/10 de la surface de grille.

Des essais ont été pratiqués sous le contrôle de M. Taton, ingénieur de la marine, sur deux chaudières ayant ensemble 100 m^2 de surface de chauffe. La surface de grille avait été d'abord de 1/35 de la surface de chauffe, puis un 1/25 et finalement de 1/30, proportion qui a été définitivement conservée. Voici les éléments des deux chaudières pour ce dernier rapport :

Surface de grille	3,33 m^2
Surface de chauffe tubulaire.	96,70
Surface de chauffe des faces de lame d'eau . . .	3,30
Surface de chauffe totale	100,00
Rapport de la surface de grille à celle de chauffe .	1/30
Section des cendriers latéraux	0,84
Rapport de cette section à la surface de grille . .	1/4
Section de passage des gaz au-dessus de l'autel . .	0,88
Rapport de cette section à la surface de grille . .	$\frac{1}{3,78}$
Section de passage des gaz entre les tubes, à l'entrée	1,672
Rapport de cette section à la surface de grille . .	1/2
Section de passage des gaz entre les tubes à la sortie	0,836
Rapport de cette section à la surface de grille . .	1/4
Section de la cheminée	0,95
Rapport de cette section à la surface de grille. . .	1/35

Ces essais ont donné les résultats suivants :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Tirage.	naturel	naturel	forcé	forcé
Durée.	6 *h*	6 *h*	3 *h*	3 *h*
Consommation de charbon par mètre carré de grille.	50 *kg*	75,67 *kg*	122,5 *kg*	151,35 *kg*
Eau vaporisée par kilogramme de charbon.	10,67 *l*	9,23 *l*	8,02 *l*	8,75 *l*
Température de l'eau d'alimentation . . .	25°	21°,5	20°,5	21°
Pression moyenne effective.	3 *kg*	3,5 *kg*	3,25 *kg*	4 *kg*

D'après les constructeurs, la quantité de charbon brûlée par mètre carré de surface de grille serait de 80 à 90 *kg* avec tirage naturel, de 150 *kg* avec le tirage activé (pression de 12 à 15 *mm* d'eau) et de 250 *kg* avec le tirage forcé (40 à 50 *mm* d'eau). Ils

recommandent le tirage en vase clos, avec emploi des briquettes de la marine pour le tirage activé et de briquettes d'Anzin spéciales pour le tirage forcé.

Les essais dont il a été parlé plus haut ont donné les résultats suivants à l'égard des variations de température des gaz et de leur composition.

	TEMPÉRATURE		COMPOSITION DES GAZ							
	CHAMBRE de combustion	Cheminée	AU-DESSUS DES GRILLES				BOITE A FEU et boite à fumée			
			CO^2	C	CO	Az	CO^2	C	CO	Az
	degrés	degrés	°/°	°/°	°/°	°/°	°/°	°/°	°/°	°/°
Tirage naturel n° 1 (1) .	905	188	9,5	5,5	0	85	10	7,5	0	82,5
— n° 2 (2) .	606	241	11	2	5	82	9	8	1	82
Tirage forcé n° 3 (3) . .	584	219,5	3	16	1	80	4	15	0	81
— n° 4 (4) . .	617,5	265,6	9	0	0,5	90,5	10	7	0	83

(1) Section d'ouverture du registre central = 0,066 m^2.
(2) Registre central fermé.
(3) Section d'ouverture du registre central = 0,066 m^2.
(4) — — = 0,033 m^2.

La section de la cheminée par mètre carré de grille est de 1,6 à 1,8, suivant le procédé du tirage.

Vaporisation. — Le tableau suivant donne les résultats des essais officiels faits par la Marine sur les générateurs de la *Bombe* et du *Bouvines* (essais à terre).

TAUX de LA COMBUSTION par mètre carré de grille et par heure	EAU VAPORISÉE par kilogr. de charbon	PRESSION A LA CHAUDIÈRE	TEMPÉRATURE DE L'EAU d'alimentation	OBSERVATIONS
kg	*l*	*kg*	degrés	Charbon employé :
60	10,06	13	18	Briquettes d'Anzin ordinaires jusqu'à 150 *kg*.
100	9,80	13	18	Anzin, torpilleurs au delà.
120	9,50	13	18	Il n'est rien déduit pour les cendres et mâchefers.
150	9,23	13	18	
225	8,52	13	18	

Sur la *Bombe*, la substitution des chaudières d'Allest aux chaudières locomotives aurait donné les résultats suivants :

Avec un même poids total la surface de grille est montée de 7,20 m^2 pour les anciennes chaudières, à 9,36 m^2 pour les nouvelles, et alors que les anciennes chaudières n'avaient pu faire donner que 1 323 *ch* au maximum en brûlant 1,284 *kg* par cheval ; les nouvelles ont donné aux essais 1 985 *ch* en ne brûlant que 0,936 *kg* de charbon par cheval (103 *kg* par mètre carré de grille).

Les générateurs sont généralement timbrés à 15 *kg* et le rendement maximum accusé par les constructeurs est de 48 *l* par mètre carré de surface de chauffe.

La surface de la section intérieure du faisceau tubulaire serait de 0,20 m^2 par mètre carré de surface de grille ; quant à la lame d'eau d'arrière qui, avec le coffre supérieur, joue le rôle de tube de retour, sa section est de 0,08 m^2 par mètre carré de grille ; la surface de la section du tuyau d'alimentation est de 0,00036 m^2.

Entretien courant. — Pour les visites et réparations, des portes latérales permettent d'ouvrir les boîtes à fumée, de démonter les écrans et de démasquer complètement les faisceaux tubulaires. De petites portes sont en outre ménagées pour l'extraction, en marche, de la suie qui se dépose surtout dans cette région.

Les chaudières ne doivent recevoir que de l'eau douce ou distillée à laquelle les constructeurs recommandent même d'ajouter d'une façon continue du lait de chaux afin de neutraliser les effets de l'eau salée provenant soit de fuites du condenseur, soit des entraînements du bouilleur. Un filtre à éponge retiendra les matières grasses entraînées par l'eau d'alimentation.

Le ramonage du faisceau tubulaire peut être pratiqué en marche, grâce au dispositif suivant *(fig. 12, Pl. 189)*: un tube A vertical et mobile autour de son axe sous l'action de la poulie à chaîne B et de deux roues dentées CD, porte une série de petits tubes s'engageant dans les interstices du faiseau ; ces tubes sont terminés par des ajutages cylindriques présentant sur leur génératrice inférieure un certain nombre de fentes de 50 *mm* de longueur sur 1/10 de millimètre au plus de largeur.

Lorsqu'on veut ramoner, on écarte l'écran XY, au moyen de la tige à encoches HI qu'on soulève et tire à soi. Une encoche J permet de maintenir l'écran ouvert. Puis après avoir fait faire deux ou trois demi-rotations au ramoneur, on ouvre la prise de vapeur

spéciale; la vapeur pénètre par la lanterne K et de là, dans le tube A pour s'échapper par les ajutages et les fentes des tubes E; elle balaie ainsi la suie.

Pour le ramonage au repos, on enlève complètement le panneau extérieur et les écrans, et l'on passe une grande brosse plate entre chaque rangée horizontale de tubes après avoir enlevé une partie des petites briques du ciel du foyer pour que la suie tombe dans le cendrier d'où il est facile de la retirer.

La propreté intérieure des tubes est entretenue au moyen de lessivages trimestriels à la soude. La lessive alcaline (5 *kg* de soude par mètre cube d'eau) est préparée dans un réservoir indépendant et introduite dans la chaudière que l'on maintient pendant deux heures environ à la pression de 2 à 3 *kg*, mais avec très peu de feu sur les grilles et en laissant dégager un peu de vapeur par la soupape de sûreté. Puis on fait une extraction par le haut et une par le bas; après quoi on laisse refroidir la chaudière en pratiquant le piquage là ou il est nécessaire. Le grattage des tubes s'effectue au moyen de grattes spéciales.

Le laps de temps au bout duquel il est nécessaire de nettoyer intérieurement les tubes, dépend de la nature de l'eau. Avec un filtre et de l'eau douce, le *Liban* a pu marcher 10 000 heures sans nettoyage. De même, la *Bombe* en service à l'escadre de la Méditerranée, aurait fonctionné, d'après les constructeurs, de fin 1890 à mai 1896 sans qu'on ait eu besoin de visiter d'autres tubes que ceux du coup de feu.

Le temps nécessaire pour démonter, nettoyer et remonter un tube est évalué à une heure.

En chômage, il est recommandé après nettoyage de remplir les chaudières d'eau douce additionnée de 1 *kg* de soude caustique par mètre cube d'eau. Pour assurer la conservation à l'extérieur des tubes et tôles, il faut les peindre au minium ou au coaltar dans toutes les parties accessibles et brûler ensuite au-dessous du faisceau de tubes une certaine quantité de goudron ou de coaltar. Il est aussi recommandé de fermer toutes les portes des cendriers, des boites à fumée, ainsi que le haut de la cheminée, et de placer dans les cuvettes de cendriers une certaine quantité de chaux vive.

En supposant une avarie à un tube dans une chaudière en pleine pression, les constructeurs estiment qu'il faut dix minutes pour jeter bas le feu, une demi-heure pour vider la chaudière, une heure pour découvrir le tube avarié, le remplacer ou le tampon-

ner, et une heure pour allumer, mettre en pression et obtenir la pression de régime; la durée du remplissage du générateur dépend des moyens dont on dispose à bord.

Voici les instructions qu'ils donnent pour le changement d'un tube :

S'il s'agit d'un tube de pourtour du faisceau tubulaire, il est accessible par le foyer ou les côtés; on peut le saigner près des plaques tubulaires, puis le déformer avec un matoir.

Si le tube est dans l'intérieur du faisceau, il n'est accessible que par les trous des tubes voisins; on fait alors une saignée longitudinale avec un bédane spécial en ayant bien soin de ne pas entamer la plaque tubulaire; puis au moyen d'un long matoir, on rétreint la tête du tube en la déformant. Le tube, ainsi complètement délivré, peut sortir par le trou de tampon, attendu que dans la plaque tubulaire avant et dans la plaque à tampons, les trous ont un diamètre un peu supérieur à celui des tubes.

Les tubes bien décapés seront simplement dudgeonnés, mais on aura soin, pour éviter toute déformation des tubes voisins, de garnir ceux-ci de mandrins légèrement coniques.

On peut se contenter de tamponner un tube soit à l'aide d'un bouchon maintenu en place par une tige à écrou fixée dans un morceau de fer carré formant traverse, soit au moyen d'un bouchon serré par un vérin arc-bouté contre le tampon qui est vis-à-vis.

Le prix approximatif des chaudières Lagrafel et d'Allest est de 250 *f* par m^2 de surface de chauffe, soit environ 8 250 *f* par mètre carré de surface de chauffe pour un gros appareil de cuirassé mis en place.

Les chaudières Lagrafel et d'Allest ont été appliquées dans la marine militaire française aux navires suivants :

a) Avisos torpilleurs. — *Bombe* (2 000 *ch*), *Sainte-Barbe* (2 000 *ch*), *Couleuvrine* (2 000 *ch*), *d'Iberville* (5 000 *ch*), *Casabianca* (5 000 *ch*), *Cassini* (5 000 *ch*).

b) Garde-côtes cuirassés. — *Bouvines* (8 500 *ch*), *Jemmapes* (8 500 *ch*), *Valmy* (8 500 *ch*).

c) Cuirassés de 1er rang. — *Jauréguiberry* (14 000 *ch*), *Carnot* (14 000 *ch*), *Charles-Martel* (14 000 *ch*), *Masséna* (14 000 *ch*).

d) Croiseurs de 9 000 ch. — *Chasseloup-Laubat*, *Du Chayla*, *d'Assas*, *Cassard*.

e) Divers. — *Foudre*, croiseur porte-torpilles (11 000 *ch*), *Kersaint*, croiseur de station (2 200 *ch*), *Guichen*, croiseur corsaire (24 000 *ch*).

Elles ont été également appliquées à plusieurs navires de la marine de guerre du Brésil et à plusieurs navires de la marine de commerce, parmi lesquels le *Liban*, le *Stamboul*, la *Lorraine*.

V. — Générateurs Niclausse.

Description générale. — Le générateur Niclausse est formé d'éléments vaporisateurs distincts, alignés sous un réservoir auquel ils sont tous reliés et dans lequel se font l'arrivée d'eau et la prise de vapeur (*fig. 13, Pl. 189*). Chacun de ces éléments vaporisateurs se compose d'un collecteur vertical de petite largeur divisé en deux compartiments par un diaphragme parallèle à ses faces et sur lequel sont branchées deux séries alternées de tubes légèrement inclinés sur l'horizontale à l'intérieur de chacun desquels se trouve un tube concentrique (*fig. 14, Pl. 189*). A l'extrémité opposée au collecteur (arrière) les tubes intérieurs sont ouverts, les tubes extérieurs fermés ; à l'autre extrémité (avant) les premiers débouchent dans le compartiment antérieur du collecteur, les seconds dans le compartiment postérieur, de manière à constituer le circuit suivant: réservoir, lame extérieure du collecteur, tubes intérieurs des éléments tubulaires, partie annulaire de ces mêmes éléments, lame intérieure du collecteur, enfin réservoir. Échauffée à la traversée du tube intérieur, dit de circulation, l'eau subit une vaporisation intense à son passage entre ce tube et le tube extérieur, dit bouilleur.

Les faisceaux tubulaires sont placés avec une légère inclinaison vers l'arrière, dans une armature en tôle à double paroi avec garniture intérieure en matière isolante. La grille du foyer est placée au-dessous du faisceau à une distance de 0,60 *m* à 0,70 *m* des tubes inférieurs. Le collecteur cylindrique supérieur, parallèle à la façade, porte tous les accessoires ordinaires et réglementaires.

L'alimentation s'effectue en pluie à la partie supérieure d'une boîte placée dans le collecteur; l'eau ne pénètre dans le réservoir que par déversement après passage sous une cloison l'obligeant à un circuit. L'élévation subite de la température de l'eau d'alimentation favorise la précipitation des sels en dissolution qui viennent se déposer au fond de la boîte d'où il est facile de les extraire sous pression.

Fabrication. — La chaudière comprend trois parties essentielles : tubes, collecteurs, réservoirs.

Les tubes sont en acier doux sans soudure. Le métal de ces tubes, recuit, donne 32 *kg* de résistance par millimètre carré de section, avec allongement correspondant de 6 0/0 sur éprouvette de 200. L'épaisseur uniforme des tubes est de 3,5 *mm* ; les constructeurs ont employé jusqu'ici quatre séries de 60, 82, 100 *mm* de diamètre, mais ils ont l'intention de ne conserver que le type de 82 *mm* pour la fabrication courante et celui de 40 *mm* pour les chaudières destinées aux petits bâtiments.

L'extrémité arrière des gros tubes est rétrécie de manière que le bouchon à filetage conique qui assure la fermeture ne soit pas plus gros que le tube et puisse par suite passer dans les mêmes orifices. La partie antérieure de ces tubes est également filetée et reçoit une lanterne en acier avec deux passages (un pour chaque lame d'eau du collectèur) séparés par une cloison qui, le tube en place, complète le diaphragme divisant le collecteur, ainsi que nous l'avons vu, en deux lames contiguës et parallèles. Cette cloison est toutefois percée en son milieu pour le passage du tube intérieur ; de même la face antérieure de la lanterne est percée d'une ouverture conique dans laquelle vient s'ajuster la portée extérieure de la tête du gros tube ; au contraire, l'ouverture dans la cloison laisse un jeu d'un millimètre environ au tube intérieur.

La partie avant du tube sur laquelle est fixée la lanterne s'assemble de même à frottement cône entre parties parfaitement dressées, avec la cloison arrière du collecteur.

Le tube intérieur ou de circulation, est naturellement ouvert à son extrémité arrière ; en avant, il s'engage dans la cloison médiane du collecteur et sa tête, reliée au corps du tube par une simple branche (pour éviter l'obstruction du passage antérieur du collecteur), vient se visser dans la tête du tube extérieur dûment fileté.

Un diaphragme en fonte, que viennent traverser tous les tubes extérieurs, sert d'appui à ces tubes en même temps qu'il constitue un écran protecteur des extrémités. Les parties intérieures des cônes de la lanterne portant sur les cloisons extrêmes du collecteur sont de même diamètre, il en résulte que la pression intérieure s'exerçant en sens contraire sur deux surfaces égales, chacun des tubes est absolument équilibré. Néanmoins des barrettes de sûreté, venant appuyer sur la partie antérieure du tube donnent un complément de sécurité.

Le collecteur est une pièce en acier moulé d'une épaisseur de 8 à 10 *mm*, calculée pour résister à une pression de 25 *kg* par centimètre carré, à laquelle il est d'ailleurs soumis d'une façon effective avant d'être utilisé pour le montage. Un diaphragme intérieur, percé des ouvertures nécessaires pour le passage des tubes, divise le collecteur en deux parties ainsi qu'il a été dit. Les divers collecteurs d'une même chaudière sont posés côte à côte sur les bâtis de cette chaudière, de manière qu'il ne reste entre deux éléments voisins qu'un petit espace libre utilisé pour introduire la lance qui sert au ramonage à vapeur. Ils sont reliés à la partie inférieure du réservoir général au moyen de tubes biconiques en acier (*fig. 14, Pl. 189*), de quelques centimètres seulement de longueur et qui s'assemblent aussi métal sur métal par des portées cônes parfaitement tournées, d'une part avec le réservoir, d'autre part avec le collecteur; quatre boulons permettent le serrage de chaque joint.

Le réservoir est établi en tôle d'acier donnant 40 à 42 *kg* de résistance et 26 à 24 0/0 d'allongement. L'épaisseur en est calculée pour que les tôles ne travaillent jamais qu'à 5 *kg* au maximum par millimètre carré à la pression d'épreuve, c'est-à-dire à 6 *kg* de plus que celle du timbre. Tous les trous de rivet sont perforés.

On monte d'abord chaque élément en passant les tubes extérieurs dans le collecteur et dans le diaphragme arrière, et en assurant le joint au moyen d'un outil spécial qui sera décrit plus loin. Puis on emmanche le tube intérieur et on le visse à l'aide d'un second outil. Les éléments ainsi constitués sont essayés séparément à l'épreuve hydraulique, puis placés sur le bâti inférieur de l'armature de la chaudière. Le réservoir est de même placé sur le bâti supérieur et, après réglage, on opère la réunion des collecteurs successifs au moyen des tubes biconiques d'acier dont il a été parlé plus haut.

Données caractéristiques. — Les constructeurs donnent les chiffres suivants :

Poids.

Tubes de 82 *mm*, par mètre carré de surface de chauffe .	90 *kg*
— — de grille. . .	2 800
Tubes de 40 *mm*, par mètre carré de surface de chauffe.	75
— — de grille. .	2 000

Ces poids comprennent le faisceau tubulaire et son réservoir, les enveloppes du faisceau, la briqueterie, la grille et la robinetterie ; le poids de cette dernière varie de 45 à 60 *kg* par mètre carré de surface de grille.

Poids d'eau en marche : 15 à 20 *kg* par mètre carré de surface de chauffe ; 400 à 680 *kg* par mètre carré de surface de grille.

Surfaces.

Le rapport de la surface de chauffe à la surface de grille varie entre 25 et 30 ; il serait susceptible d'être augmenté de 40 à 50 0/0 suivant les allures de combustion.

Pour les tubes de la première série, un générateur de 114 mètres carrés de surface de chauffe et 3,50 *m* de surface de grille occupe en projection horizontale une surface de 5 m^2 et, en projection verticale (vue de face), une surface de 7 m^2. Avec les tubes de la deuxième série, les chiffres respectifs sont, pour la même surface de chauffe, 5 *m* et 5,50 *m*.

Volumes. — Le volume occupé par un générateur varie de 0,10 à 0,15 par mètre carré de surface de chauffe et de 3,300 à 5,000 m^3 par mètre carré de surface de grille.

Les données suivantes relatives aux générateurs du *Friant* et du *Cristobal Colon* semblent d'ailleurs de nature à fixer les idées.

	Friant.	*Cristobal Colon.*
Nombre de chaudières	20	24
— de foyers.	20	24
— d'éléments par corps	208	396
— de tubes vaporisateurs. . . .	3 536	»
— — obturateurs.	208	»
Nombre de tubes de circulation . . .	3 744	»
Diamètre extérieur des tubes vaporisateurs	82 *mm*	82 *mm*
Diamètre extérieur des tubes vaporisateurs obturateurs.	0,75	»
Diamètre extérieur des tubes de circulation	0,40	»

	Friant.	Cristobal Colon.
	—	—
Longueur des tubes de circulation . .	2 200	»
— — de vaporisateurs .	2 250	»
Largeur des grilles	1 740	»
Longueur —	2	»
Surface de grille	72,72	88,94
— de chauffe totale	2 159,72	2 876,67
Nombre de cheminées.	3	2
Section totale des cheminées.	11,13	13,12
Hauteur des cheminées au-dessus des grilles.	18 *m*	24 *m*
Volume total de l'eau par groupe en marche	46,992 m^3	60 m^3
Volume total de vapeur	14 m^3	8,400 m^3
Timbre des générateurs	15 *kg*	15 *kg*
Poids des générateurs { Tôlerie, enveloppes, maçonneries du foyer, faisceaux tubulaires, réservoirs et robinetterie nécessaires.	202 609 *kg*	321 000 *kg*
soit par mètre carré de surface de chauffe.	93 *kg*	111,7 *kg*
— de surface de grille .	2 786 *kg*	3 606 *kg*
Poids total avec l'eau en marche . . .	259 544 *kg*	381 000 *kg*
Soit par mètre carré de surface de chauffe.	120 *kg*	132,5 *k*
— de surface de grille.	3 569	4 280
Poids des rechanges et de l'outillage. .	7 261	9 500

Combustion. — Les constructeurs indiquent comme consommation par mètre carré de surface de grille, 110 *kg* au tirage naturel avec une dépression de 10 *mm* au pied de la cheminée, 176 *kg* au tirage activé et 350 *kg* au tirage forcé, la pression dans la chambre close étant de 10 *mm* dans le premier cas, 50 *mm* dans le second. Le combustible recommandé est la briquette de Nœux employée de manière qu'il n'y ait jamais plus de 10 à 15 *cm* de charbon sur les grilles.

Les essais officiels de consommation faits sur les chaudières du croiseur *Friant* ont donné les résultats suivants (*Voir diagramme, fig. 16 bis, Pl. 189*):

DATES	CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PRÉVUES PAR LA MARINE		RÉSULTATS OBTENUS		OBSERVATIONS
	PUISSANCE	CONSOMMATION par CHEVAL	PUISSANCE	CONSOMMATION par cheval	
	ch	g	ch	g	
12 déc. 1894	3 500	800	3 657	666	Durée : 6 h.
21 — —	1 500	850	1 624	720	— 6 h.
28 — —	7 000	950	7 189	858	— 6 h.
19 et 20 août 1895	1re période (6 h.) 6 000 et 8 500 pendant 2 h. 2e période (18 h.) 6 000	1re période : néant. 2e période : 900	1re période : 7 826 pendant 4 h. 8 547 pendant 3 h. 2e période : 6 279	1re période : néant. 2e période : 856	

Poids par cheval indiqué à toute puissance : sans eau 21,4*kg*; avec eau 26 *kg* ; complète 26,9 *kg*.

Des expériences faites en 1894, à la demande de MM. Williams et Robinson à Thames-Ditton (Angleterre) par MM. Kennedy et Cawthorne Unwin, ont permis de faire les constatations suivantes sur la composition des gaz de la cheminée :

Proportion pour cent en volume.

Échantillon.	Acide carbonique.	Oxyde de carbone.	Oxygène.	Azote.	Total.
Nos 1	9,71	»	9,82	80,47	100
2	9,50	»	10,63	79,87	100
3	9,07	»	10,58	80,35	100
4	8,24	2,24	9,45	80,07	100
5	8,92	»	10,51	80,57	100
6	8,43	2,33	9,12	80,12	100
7	8,96	»	10,43	80,61	100
8	9,29	1,44	8,98	80,29	100
9, 10	9,55	»	9,84	80,61	100
11, 12, 13	8,21	»	11,49	80,30	100

Moyenne en volume 8,85 0/0 d'acide carbonique.
— en poids 12,82 0/0 —

Il a été constaté que la chaleur des gaz dans la cheminée était de 266° environ pour une combustion de 65 *kg* par mètre carré

de grille et par heure, la température moyenne de l'air étant de 20° et pour des essais de sept heures de durée. Un essai au tirage forcé avec jets de vapeur sous la grille, le cendrier étant fermé (pression de 13,9 *mm* d'eau) a donné pour ces mêmes gaz une température de 388° la consommation étant de 125 *kg*. La durée de l'essai avait été de trois heures et la production de vapeur de 1 865 *kg* par heure.

Ce mode de tirage est celui qui semble avoir la préférence des constructeurs; malheureusement, il donne lieu à une dépense de vapeur évaluée au vingtième de la production, ce qui le rend difficilement applicable sur les navires, à cause de la perte d'eau douce qui en résulte.

Des essais pratiqués sur une chaudière d'atelier ont donné les résultats suivants, le tirage forcé étant donné par deux souffleurs à vapeur débouchant sur la grille, en cendrier clos :

Durée de l'essai	4 h.	5 h.	4 h.	5 h.	5 h.
Combustion par mètre carré de grille	100 *kg*	125 *kg*	150 *kg*	175 *kg*	200 *kg*
Pression de vapeur au tuyau du souffleur	2 *kg*	4 *kg*	6,7 *kg*	7,5 *kg*	8,5 *kg*
Pression d'air dans le cendrier	3 *mm*	5 *mm*	7 *mm*		
Dépression dans le conduit de fumée	11,5 *mm*	11,75 *mm*	10 *mm*	11 *mm*	11 *mm*
Température des gaz à la sortie de la chaudière	230°	250°	300°	350°	375°
Vaporisation par kilogramme de houille	8,550 *kg*	8,700 *kg*	8,600 *kg*	8,480 *kg*	8,250 *kg*
Perte de vapeur du souffleur	3,3 0/0	4 0/0	4,5 0/0	5 0/0	5,2 0/0

Surface de grilles : 1,08 m^2. — Surface de chauffe : 52,15 m^2. — Rapport : 48,3.

Le charbon employé était du tout-venant ordinaire d'Anzin; la chaudière était timbrée à 14,5 *kg*, pression qui a été maintenue pendant toute la durée des essais. Les expériences ont donné lieu à cette constatation toute particulière que la totalité du résidu de la combustion se trouve réduit à l'état d'escarbilles infusibles; il n'y a pas de mâchefer.

La section de cheminée indiquée par les constructeurs est de 0,15 m^2 par mètre carré de grille; le parcours moyen des gaz depuis la grille jusqu'à la cheminée est estimé à 2,50 *m* ou 3 *m*.

Vaporisation. — Les constructeurs estiment qu'il faut environ vingt minutes pour mettre leur générateur en pression.

Les productions de vapeur indiquées par les intéressés sont respectivement de 11,336 *kg*, 9,582 *kg* et 7 *kg* pour le tirage na-

turel, le tirage activé (pression 10 *mm* d'eau) et le tirage forcé (50 *mm*); le poids d'eau vaporisée variant de 900 à 2 500 *kg* par mètre carré de grille et 30 à 80 *kg* par mètre carré de surface de chauffe.

Des expériences faites par MM. Humphrys et Tennant sur une chaudière d'atelier avec du Cardiff ordinaire ont donné les résultats suivants :

DATE DE L'ESSAI	DURÉE	PRESSION de la vapeur	TEMPÉRATURE DE L'EAU D'ALIMENTATION	CHARBON brûlé par heure	CHARBON brûlé par heure et par mètre carré de grille	EAU VAPORISÉE par heure — À la température de l'eau	EAU VAPORISÉE par heure — Ramenée à 100°	EAU VAPORISÉE par kilogr. de charbon — À la température de l'eau	EAU VAPORISÉE par kilogr. de charbon — Ramenée à 100°
	heures	*kg*	degrés	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*
15 mars	8	11,600	22	165,110	92,518	1 528,130	1 828,370	9,250	11,060
20 —	8	12,000	16	112,600	63,183	1 046,720	1 265,090	9,280	11,200
25 —	4	12,050	15	304,800	170,900	2 417,550	2 927,625	7,930	9,590
29 —	8	11,180	21	254,000	142,616	2 100,570	2 518,520	8,270	9,900
5 avril	8	11,985	16	220,450	123,582	1 910,920	2 309,550	8,660	10,450

Les chaudières Niclausse sont timbrées à 15 *kg*; elles ont pu fonctionner à la pression de 25 *kg*. La surface de la section intérieure du faisceau tubulaire varie de 0,15 m^2 à 0,24 m^2 par mètre carré de surface de grille; celle des tubes de retour varie de 0,05 m^2 à 0,10 m^2 et celle du tuyau d'alimentation de 3 à 8 cm^2, toujours par mètre carré de grille.

Entretien. — Le ramonage des tubes se fait au moyen de la lance à vapeur, que l'on introduit par les vides ménagés à cet effet entre les collecteurs dans la façade, en commençant par la partie supérieure du faisceau.

Les matières en suspension qui ont pu pénétrer dans le générateur malgré le dispositif spécial d'alimentation, se déposent dans les tubes intérieurs où, n'étant pas soumises à l'action directe de la chaleur, elles restent à l'état de boue; un simple lavage à l'eau suffit généralement pour les en chasser.

Une extraction de fond est d'ailleurs ménagée sur la face avant de la chaudière au bas des lames d'eau descendantes; des tubulures, partant de chaque groupe d'éléments, débouchent à cet effet dans un collecteur de boues qui permet de faire une extraction de fond simultanément dans tous les groupes.

Pour démonter un tube, on enlève la barrette de sûreté et on dévisse le tube de circulation au moyen d'une clé coudée dont l'extrémité, en forme de prisme hexagonal vient s'emboîter exactement dans une empreinte correspondante ménagée dans la tête du tube intérieur.

Le tube intérieur sorti, on se rend compte si le tube vaporisateur a besoin d'être nettoyé.

Pour sortir ce tube, on se sert d'un outil spécial, sorte d'étrier analogue à ceux qui servent pour les fermetures autoclaves *(fig. 15, Pl. 189)*. La tige centrale est pourvue à son extrémité d'une partie filetée A qui vient se visser à la place de la tête du tube intérieur. En agissant sur l'écrou E, on exerce sur le tube une traction qui le déboîte de ses portées dans les cloisons du collecteur. On se sert ensuite d'une perche enfoncée jusqu'à l'extrémité du tube pour le sortir en ayant soin de le tourner un peu à droite et à gauche jusqu'à ce que la lanterne se dégage du collecteur. Les parties cônes et les parties filetées des tubes ainsi que celles du collecteur doivent être graissées immédiatement après le démontage.

Pour le remontage, on pose le tube vaporisateur dans le collecteur et dans l'orifice correspondant du diaphragme d'arrière en se servant d'une perche comme il a été dit pour le démontage et en ayant soin de tourner le tube de manière que les deux saillies ménagées comme repère sur la face soient sur une même verticale. On passe alors à travers l'orifice antérieur, au moyen de la tige P *(fig. 16, Pl. 189)*, une plaque C qui s'applique sur la cloison avant et procure un point d'appui à la tige A de l'outil spécial de montage. Cette tige est, en effet, engagée dans une échancrure pratiquée au centre de la plaque, et en agissant sur l'écrou B, on obtient, par l'intermédiaire de la barrette D, le serrage nécessaire au joint. Ce serrage est réalisé au moyen d'une clé de longueur limitée pour éviter les efforts trop considérables. Le tube en place, on dégage d'abord la tige puis l'étrier. Quant au tube intérieur, il suffit de l'engager dans le gros tube et de le visser dans la tête antérieure de celui ci au moyen de la clé à branche coudée, dont il a été parlé déjà pour le démontage.

Sur le *Friant*, les tubes sont nettoyés intérieurement, après 3000 heures de chauffe, au moyen d'un écouvillon ; l'opération prend à peine une minute par tube.

Toutes les pièces étant interchangeables, il suffit de quelques tubes de rechange. Pour ces opérations, un espace libre de la

longueur d'un tube, sur la face avant, suffit; aucun autre espace n'est nécessaire ni sur les côtés ni sur l'arrière.

Les constructeurs établissent ainsi le laps de temps nécessaire pour remplacer un tube et remettre en pression : mise à bas du feu, 5 minutes; vidange de la chaudière, 10 minutes; recherche et remplacement du tube avarié, 3 minutes; remplissage de la chaudière, 10 minutes; allumage et mise en pression, 20 minutes, soit au total 48 minutes.

Il n'est pas indispensable d'attendre le refroidissement complet de la chaudière. Dès qu'elle est vidée, on peut ouvrir les portes de visite et sortir le tube avarié. Après l'avoir déboîté avec l'outil spécial, on le prend avec des chiffons pour ne pas se brûler les mains et on le sort par la chambre de chauffe. Le remplacement d'un collecteur pourrait de même se faire en une demi-heure, mais les constructeurs déclarent qu'il n'y a pas d'exemple d'usure de ces pièces ayant nécessité leur changement.

Prix. — Le prix varie de 7 000 à 10 000 francs par mètre carré de surface de grille et de 250 à 300 francs par mètre carré de surface de chauffe. Les chaudières Niclausse ont été appliquées au croiseur cuirassé français *Friant* (9 000 *ch*); elles vont l'être au croiseur cuirassé espagnol *Cristobal Colon* (14 000 *ch*).

VI. — Chaudière Yarrow.

Description générale. — La chaudière Yarrow se compose d'un collecteur supérieur relié par des faisceaux tubulaires droits à deux distributeurs inférieurs *(fig. 17, Pl. 189)*. La caractéristique de ce système est la suppression des tubes spéciaux de retour. La section transversale de ces chaudières a la forme d'un triangle ayant pour base la grille du foyer et pour sommet le collecteur, les distributeurs se trouvant au deux extrémités de la base. Le tout est en touré d'une enveloppe formée de deux tôles de 1,6 *mm* comprenant entre elles une couche d'asbeste de 12 *mm*; les faces antérieure et postérieure sont garnies de revêtements en brique réfractaire.

Les tubes des faisceaux ont un diamètre extérieur de 0,025 *m* à 0,031 *m* et leur épaisseur varie de 1,6 à 2,4 *mm* ; ils forment un angle de 30° environ sur la verticale. Les tubes sont simplement dudgeonnés, au moyen d'un appareil spécial, dans la partie basse du collecteur, dûment renforcée, et dans la paroi supérieure des

distributeurs ; ceux-ci sont formés de deux parties assemblées par un simple boulonnage, de manière à faciliter le nettoyage et le remplacement des tubes, et la partie supérieure est plane et très épaisse.

Le niveau de l'eau dans le collecteur est maintenu au-dessus du débouché des tubes, et la circulation s'établit grâce à la température supérieure des rangées intérieures de tubes directement exposés aux radiations du foyer ; les tubes étant droits, il n'y a point de rangées jointives : les produits de la combustion traversent directement le faisceau tubulaire.

Les barreaux de grille du foyer ont 8 *mm* de longueur et laissent des intervalles libres de 13 *mm*.

M. Yarrow écarte les pompes d'alimentation communes à plusieurs chaudières. En cas d'avarie à l'une des chaudières du groupe, il peut arriver que la perte d'eau soit supérieure au débit de la pompe commune et que par suite toutes les chaudières soient affamées avant même que l'on ne se soit aperçu de la fuite. Selon lui, il est préférable que chaque chaudière ait son petit cheval.

La prise de vapeur de cette machine alimentaire s'ouvre au milieu du collecteur, un peu au-dessus du niveau de l'eau ; tant que ce niveau n'est pas atteint, la vapeur agit et assure l'alimentation, mais quand le niveau de l'eau dans le collecteur s'élève trop, la prise d'eau se trouve noyée et la pompe reçoit de l'eau au lieu de vapeur, ce qui, sans l'arrêter, ralentit notablement son mouvement ; en même temps, le cylindre à vapeur étant plus grand que le cylindre à eau, le petit cheval rejette plus d'eau qu'il n'en introduit, d'où baisse du niveau d'eau.

Les tubes sont tantôt en laiton, tantôt en acier ; pour les chaudières du *Hornet*, contre-torpilleur anglais, et pour celles des petits torpilleurs français que doit porter la *Foudre*, on s'est servi de tubes en cuivre de 26 *mm* de diamètre extérieur ; à bord du *Sokol*, contre-torpilleur russe, on est revenu aux tubes d'acier doux étiré.

Sur le *Hornet*, le collecteur mesure 2,28 *m* de longueur et 0,71 *m* de diamètre. Les inconvénients qui semblaient devoir résulter des inégalités de dilatation en raison de la forme rectiligne des tubes ne se sont pas produits dans la pratique et M. Yarrow affirme que les joints bien mandrinés dans des parois d'épaisseur renforcée ne donnent jamais le moindre suintement. Une expérience pratiquée sur l'une des huit chaudières du *Hornet*,

paraît prouver cette affirmation. La chaudière a été poussée au tirage forcé à la pression d'eau de 89 *mm*, de telle sorte qu'elle était en pleine pression en vingt-deux minutes. Le chauffage a été continué pendant trente-huit minutes, puis le feu a été mis bas brusquement et les portes de foyers et de cendriers ont été ouvertes. Aucune avarie n'a été relevée.

Données caractéristiques. — Le poids des huit chaudières du *Hornet* est de 43,8 *t*, y compris l'eau et tous les accessoires, l'eau entrant pour 1/6 à 1/7 dans ce poids. La surface de grille totale est de 15,31 m^2 et la surface de chauffe de 763,28 m^2, ce qui donne pour le rapport entre ces deux surfaces la valeur 49,8 et fait ressortir le poids par mètre carré de grille à 2,86 *t*. Ces renseignements sont d'ailleurs complétés par les suivants qui nous ont été obligeamment fournis par les constructeurs :

N°s d'ordre.	Surface de chauffe.	Surface de grille.	Largeur.	Longueur.	Hauteur du cendrier à la base de la cheminée.	Poids total avec l'eau.
—	—	—	—	—	—	—
1	42,73 m^2	1,14 m^2	1,55 *m*	1.98 *m*	1,90 *m*	2,84 *t*
2	92,90	1,95	1,88	2,54	2,74	5,59
3	185,8	3,71	2,84	3,40	3,66	10,67

Combustion. La mise en pression est très rapide.

Au cours des expériences pratiquées dans les ateliers de M. Yarrow sur les chaudières du *Hornet* remplies d'eau à la température ambiante, et dont rendit compte le *Times*, les feux furent allumés à 2 h. 20. A 2 h. 33, treize minutes après, le manomètre marquait 1,75 *kg*; à 2 h. 40, 7 *kg*. On lança alors une partie de la vapeur dans la cheminée, et vingt-deux minutes et vingt secondes après l'allumage, la pression atteignait 12,6 *kg*. La prise de vapeur ayant été ouverte, on continua à chauffer en rechargeant la grille à intervalles de deux et demi à trois minutes et l'on maintint ainsi la pression pendant une demi-heure. La dépression était de 75 à 87 *mm* d'eau. C'est à la suite de cet essai que fut pratiqué celui de refroidissement brusque dont il a été parlé plus haut.

Quant à la quantité de houille brûlée par mètre carré de surface de grille, elle varie, selon les constructeurs, entre 78 et 98 *kg* avec le tirage naturel, et 390 *kg* et même plus avec le tirage

forcé; les constructeurs affirment avoir réalisé, avec de fortes pressions d'air, des combustions de 546 *kg* par mètre carré de grille. Le mode de tirage forcé auquel ils donnent la préférnece est celui en chambre close, mais leurs chaudières se prêtent à tout autre mode.

L'épaisseur de la couche de charbon sur les grilles doit être d'environ 0,15 *m* avec les presssïons d'air modérées pour une bonne utilisation; le charbon employé généralement est du bon charbon gallois.

La section de la cheminée de chaque élément du *Hornet* est de 44 dm^2, soit 22,5 dm^2 par mètre carré de grille; les gaz traversent l'ensemble du faisceau; aucune disposition spéciale n'est prise pour allonger le parcours des flammes.

Vaporisation. — La quantité d'eau évaporée par kilogramme de charbon varie, suivant le constructeur, entre 7 et 10 *kg* d'eau froide, selon la quantité de charbon et le mode de tirage; la pression de la vapeur varie généralement entre 10,5 *kg* et 17,5 *kg*. Chaque faisceau comprend 9 tubes, ce qui fait pour chaque rang transversal une section de tubes de 108 cm^2 qui se répète un nombre de fois plus ou moins grand selon la longueur de la chaudière; la largeur de la grille étant de 1,10 *m*, on voit que la surface de la section intérieure des tubes est d'environ 100 cm^2 par mètre carré de grille.

Les constructeurs recommandent l'usage de réchauffeurs d'alimentation; la température de l'eau d'alimentation est d'environ 40° parfois même supérieure.

Entretien. — L'entretien ne donne lieu à aucune remarque spéciale. La forme rectiligne des tubes facilite d'ailleurs leur nettoyage qui est pratiqué à des intervalles plus ou moins rapprochés selon le degré de pureté de l'eau d'alimentation. En déboulonnant les parties inférieures des distributeurs, les joints des tubes deviennent tous accessibles. Le remplacement d'un tube ne présente donc pas plus de difficulté que le nettoyage; M. Yarrow déclare avoir pu opérer ce remplacement en quarante minutes; le laps de temps nécessaire pour cette opération dépend d'ailleurs de la position du tube avarié et des recherches plus ou moins longues pour la localisation de l'avarie. Il suffit du reste que la façade soit libre pour que l'on puisse procéder aux travaux d'entretien et au remplacement éventuel d'un tube.

Prix. — Le prix de ces chaudières, y compris tous les accessoires, sauf la cheminée, varie de 200 à 270 *f* par mètre carré de surface de chauffe, soit 10 000 à 13 500 *f* par mètre carré de surface de grille, suivant la grandeur des chaudières et l'importance des commandes. Pour une seule chaudière de petites dimensions, ce prix peut être notablement dépassé.

Les chaudières Yarrow sont employées dans les marines anglaise, française, russe, autrichienne, argentine.

VII. — Chaudières Du Temple.

Description générale. — Il n'existe pas de type défini de chaudière Du Temple; chaque chaudière est étudiée en vue d'un but déterminé; cependant tous ces générateurs sont formés de deux distributeurs placés de chaque côté de la grille, et reliés à un collecteur supérieur par deux faisceaux de tubes de petit diamètre, venant déboucher dans le collecteur au-dessus du plan d'eau *(fig. 18, Pl. 189)*. De gros tubes de retour placés aux extrémités du générateur complètent le circuit; des enveloppes isolantes avec couche d'amiante ou de silicate-coton empêchent les pertes de chaleur par radiation.

Le diamètre le plus courant pour les tubes est de 25 *mm* extérieurement et de 20 *mm* intérieurement; il peut être porté à 30 et même à 35 *mm* pour certaines applications, et réduit à 17 *mm* pour les très petites chaudières. Dans les modèles de 1895, les tubes sont en forme de serpentin à deux ou trois plis, et les flammes traversent directement les faisceaux.

Le joint des tubes sur le collecteur et sur les distributeurs est obtenu par le serrage d'un cône *(fig. 19, Pl. 189)*. Le tube étant engagé à chacune de ses extrémités dans les trous correspondants, on visse un écrou *b* sur l'extrémité intérieure du tube, et l'on serre au moyen d'une clef à cliquet manœuvrée de l'une des extrémités du collecteur ou du distributeur. Les écrous et la clef sont mis en place par un enfant dans le cas où le diamètre des récipients le permet; dans le cas contraire, par des ouvertures latérales ménagées à cet effet et pourvues d'autoclaves.

Les cônes et les écrous étaient en laiton, mais dans ces derniers temps on a adopté l'acier pour éviter l'action galvanique. Les cônes d'acier sont simplement dudgeonnés sur les tubes.

La grille est formée de lames de 50 × 5 espacées de 15 *mm* d'axe en axe; l'âme des barreaux est ajourée pour diminuer la résistance à la circulation de l'air dans le cendrier.

Le modèle 1896 comporte un retour de flammes; les tubes n'ont plus leur forme serpentine; ils sont simplement infléchis, et les rangées intérieures sont formées de tubes à facettes, de manière à constituer une voûte centrale au-dessus de la chambre de combustion. Les gaz circulent d'abord sous cette voûte et reviennent à travers le faisceau tubulaire jusqu'à la cheminée. Dans ce modèle, les tubes sont simplement dudgeonnés; leur forme exclut l'emploi du joint décrit plus haut.

Fabrication. — Les métaux employés sont : l'acier doux pour les tôles, rivets, boulons, tubes (sans soudure) et garnitures de tubes; l'acier Martin moulé pour les tubulures de raccordement, encadrements de portes de foyer, corps de robinetterie; le bronze pour la robinetterie; le fer pour les grilles de foyer et leurs sommiers.

Les épaisseurs sont calculées de manière que l'acier doux ne travaille jamais à plus de 6 *kg* à la pression d'épreuve, c'est-à-dire la pression de régime augmentée de 6 *kg* pour les pièces ordinaires, et le double de la pression de régime pour la robinetterie et la tuyauterie. Les tubes sont tous éprouvés à 150 *kg* avant leur mise en place.

Données caractéristiques. — Le tableau suivant résume les principales données caractéristiques pour quelques types :

		FLAMME DIRECTE		A RETOUR DE FLAMMES
		1er TYPE	2e TYPE	Type Guyot
Timbre		14 *kg*	13 *kg*	15 *kg*
Surface de grille		2,50 m^2	2,31 m^2	2,28 m^2
Surface de chauffe tubulaire	mouillée	67,20 m^2	68 m^2	105 m^2
	non mouillée	84 m^2	85 m^2	
Tubes en acier	Nombre	608	736	1 012
	Diamètre	20 — 25 *mm*	20 — 25 *mm*	20 — 25 *mm*
	Longueur maximum	2,200 *m*	1,865 *m*	1,70 m^2
	— minimum	1,675 *m*	1,430 *m*	1,50 m^2
Volumes de vapeur		615 *l*	710 *l*	785 *l*
— d'eau		1 155 *l*	1 040 *l*	1 450 *l*
Surface de vaporisation		1,44 m^2	2,02 m^2	»
Section de passage d'air	aux grilles	1,67	1,54	»
	à la cheminée	0,3127	0,3127	0,4296
Poids	de la chaudière propr. dite sans eau	4 600 *kg*	4 424 *kg*	»
	total sans eau ni cheminée	5 800 *kg*	5 570 *kg*	5 800 *kg*
	total en ordre de marche	»	»	7 250 *kg*

Le rapport entre la surface de chauffe et la surface de grille dans les types usuels est de 40; il peut être porté à 48 pour le tirage forcé exclusif et descendre au contraire à 30 dans le cas de tirage naturel exclusif.

La projection sur un plan vertical occupe environ 6 m^2 dans un sens comme dans l'autre; quant à la projection horizontale, elle est d'environ 5,90 m^2. Le volume du générateur par mètre carré de surface de grille est d'environ 5,500 m^3, soit 0,140 m^3 par mètre carré de surface de chauffe.

Combustion. — Le temps nécessaire pour la mise en pression varie avec la quantité d'eau contenue dans le générateur; il est d'environ 30 minutes.

La consommation normale de houille est comprise entre 280 et 330 *kg* par mètre carré de grille et par heure, avec une pression d'air variable selon les types de chaudières, et les résistances plus ou moins grandes opposées au courant gazeux. Au tirage forcé en chambre close, on atteint sans inconvénient 500 *kg* par mètre carré de grille. L'épaisseur de la couche de charbon doit être maintenue entre 10 et 15 *cm*.

La température mesurée à la base de la cheminée au cours de divers essais à 290 *kg* avec la chaudière à flamme directe (2ᵉ type), a été trouvée égale en moyenne à 400°. Dans les chaudières à flamme directe, le mouvement des gaz a une direction sensiblement verticale; plus tard, les constructeurs, tout en relevant le premier pli des serpentins, de manière à augmenter la chambre de combustion, formèrent, en rapprochant les tubes, un écran partiel qui allongeait le parcours des gaz; mais depuis, ils ont renoncé aux tubes en serpentin et adopté le modèle à tubes simplement infléchis avec retour de flammes.

Vaporisation. — Les constructeurs donnent les chiffres suivants pour la vaporisation :

	Combustion de		
	300 *kg*	100 *kg*	40 *kg* grille réduite.
	—	—	—
Poids d'eau vaporisée par kilogramme de houille.	6,6 à 7 *kg*	7,5 à 8 *kg*	10 à 11 *kg*
Poids d'eau vaporisée par mètre carré de grille	50 à 60 *kg*	22 *kg*	10 à 11 *kg*

	CHAUDIÈRE N° 220 (GOUVERNEMENT RUSSE) — Essai de consommation minima (1)	CHAUDIÈRE N° 220 (GOUVERNEMENT RUSSE) — Essai de vaporisation (2)	CHAUDIÈRE N° 207 (GOUVERNEMENT FRANÇAIS) — Essai de 2 heures le 1er février 1896 (3)	CHAUDIÈRE N° 210 (GOUVERNEMENT NORVÉGIEN) — Essai de 2 heures le 9 novembre 1895 (4)
Surface de chauffe tubulaire	129 m^2		84,50 m^2	60 m^2
Poids de la chaudière vide, complète	8 000 *kg*		5 765 *kg*	4 850 *kg*
Pression à la chaudière	13 à 14 *kg*	14 *kg*	13 *kg*	13 *kg*
— d'air dans le vase clos	1 à 2 *mm*	60 à 70 *mm*	68 et 70 *mm*	65 à 85 *mm*
— — la chambre	2 *mm*	»	4 *mm*	25 et 30 *mm*
Température dans la chaufferie	26°	21 à 25°	28 à 38°	22 à 24°
— au fond du vase clos	30 à 32°	38 à 43°	33 à 48°	39°
Charbon brûlé par mètre carré de grille et par heure	103 et 119 *kg*	285,7 et 331 *kg*	229,8 et 245,2 *kg*	331 *kg*
Eau vaporisée. Par mètre carré de chauffe et par heure	11,4 et 11 *kg*	51,2 et 58,42 *kg*	51,6 *kg* (moyenne)	67 *kg* (moyenne)
Eau vaporisée. Par kilogramme de charbon et par heure	10,2 *kg*	6,6 et 6,5 *kg*	7,03 *kg*	6,6 et 6,8 *kg*
Eau vaporisée. Par heure	1 470 et 1 380 *kg*	6 610 et 7 510 *kg*	4 365 *kg* (moyenne)	4 020 *kg* (moyenne)
Température de l'eau d'alimentation	12°	12°	12°	10°

(1) Essai de deux heures le 16 janvier 1896.
Les cendres ne sont pas déduites; la chaudière n'est munie d'aucune de ses enveloppes calorifuges; surface de grille réduite à 1,26.
(2) Essai de deux heures le 17 janvier 1896.
(3) Essai de deux heures le 1er février 1896.
(4) Essai de deux heures le 9 novembre 1895.

Le timbre est de 13 à 14 *kg*; les limites usuelles sont 10 et 15 *kg*, mais des applications spéciales ont été étudiées jusqu'à 30 *kg*.

Le rapport de la section des tubes bouilleurs à celle des tubes de retour d'eau est voisin de 3; son maximum est 4. L'alimentation se fait dans la vapeur par des tuyaux de 40 *mm* de diamètre, et la section libre de la crépine est environ le double de celle du tuyau.

Les données du tableau de la page 487, empruntées à des essais officiels, compléteront les renseignements qui précèdent.

Entretien. — Les précautions recommandées pour l'entretien sont les suivantes :

N'employer autant que possible que de l'eau distillée pour l'alimentation; faire de fréquentes extractions sous pression pour éliminer les savons ferrugineux qui tendent à se déposer à l'intérieur de la chaudière; visiter celle-ci et la lessiver à la potasse après chaque période de deux à trois cents heures de chauffe.

Pendant le chômage, il convient de graisser l'extérieur des tubes après avoir enlevé les suies par un jet de vapeur, d'air comprimé ou mieux encore à l'aide de la brosse, de l'intérieur du foyer. Il convient également de désoxygéner l'air contenu dans la chaudière en allumant un feu à l'intérieur immédiatement avant sa fermeture; à défaut, on fera le plein avec une solution alcaline, pourvu que la gelée ne soit pas à craindre.

Pour le changement des tubes, les chaudières doivent rester accessibles par leurs faces latérales; l'espace disponible dans les soutes des torpilleurs est d'ailleurs suffisant.

L'outillage comporte, indépendamment des clefs ordinaires à fourche nécessaires pour le démontage des fonds et des autoclaves, une ou plusieurs clefs à douille montées sur un cliquet à manche court, pourvu d'un œil pour la commande par tringle depuis l'extérieur des collecteurs et distributeurs.

Le temps nécessaire pour remplacer un tube varie avec la position de celui-ci; mais il ne peut dépasser deux heures, assurent les constructeurs.

Les chaudières du modèle 1895 comportent de sept à dix séries de tubes de formes ou de longueurs différentes; les tubes intérieurs étant plus exposés, il convient d'en tripler ou quadrupler la proportion dans les approvisionnements; on prendra par exemple quatre tubes des séries 1 et 2 contre un des séries 3 et suivantes.

En cas de rupture d'un tube en cours en route, on peut se contenter de forcer l'alimentation si la fissure ne laisse pas échapper une trop grande quantité d'eau. Si l'accident est assez grave pour produire l'extinction du feu, on opérera le tamponnement après avoir jeté bas les feux et vidé la chaudière. Ce tamponnement peut être fait soit avec un écrou à chapeau plein que l'on substitue à l'écrou normal, soit avec un bouchon d'acier légèrement conique enfoncé avec un cliquet, soit enfin, à défaut de ces accessoires spéciaux, au moyen d'un simple bouchon de bois dur légèrement conique enfoncé à force. Ces opérations ne peuvent être faites qu'après refroidissement de la chaudière.

La maison Du Temple étudie d'ailleurs un appareil spécial pour l'essai des tubes à 50 *kg* sur la chaudière même ; cet appareil permettra de vérifier les faisceaux avant la mise en marche, et d'éviter ainsi dans une large mesure les avaries en cours de route.

Prix. — Le prix indiqué par les constructeurs pour leurs chaudières est d'environ 9 000 francs par mètre carré de surface de grille et 225 francs par mètre carré de surface de chauffe. Ces prix varient d'ailleurs avec les types et les dimensions. D'après M. Bertin, les chaudières Guyot de la *Jeanne-d'Arc* coûteront 12 000 francs, selon les évaluations les plus larges, il est vrai.

Les chaudières Du Temple sont employées à bord d'un grand nombre de torpilleurs français parmi lesquels on peut citer le *Chevalier*, le *Lancier*, le *Mousquetaire*, le *Mangini*, le *Zouave*, etc., ainsi que pour des canonnières coloniales.

Les gouvernements russe, norvégien, autrichien, japonais, les ont aussi adoptées pour un certain nombre de torpilleurs; enfin, elles ont été appliquées à l'aviso-torpilleur anglais le *Spanker*, à bord duquel elles ont 748 m^2 de surface de chauffe.

Des chaudières type Guyot sont également prévues pour deux croiseurs type *Jeanne-d'Arc* (de 28 000 *ch*) et pour le *Château-Renault*, croiseur de 24 000 *ch*.

VIII. — Générateurs Leblond et Caville.

Description générale. — Bien que les chaudières Leblond et Caville soient nouvelles et n'aient point encore reçu la sanction de la pratique, il convient d'en parler ici, parce qu'elles sont placées à bord du bateau-rouleur de Bazin.

Ce générateur se compose *(fig. 20, Pl. 190)* d'un distributeur cylindrique inférieur et d'un collecteur cylindrique supérieur, parallèles aux façades et réunis par un faisceau de tubes de petit diamètre. Le niveau d'eau est à la moitié du collecteur supérieur; les tubes débouchent au-dessous de ce niveau.

Les façades sont formées de deux tôles minces comprenant entre elles un matelas calorifuge d'amiante et de coton silicaté; seule, la chambre de combustion est revêtue d'une brique réfractaire.

Les deux types : chaudières pour torpilleurs et chaudières marines (pour gros navires, bateaux de commerce, remorqueurs, etc.) ne diffèrent que sur des détails destinés à diminuer le poids d'eau; de plus, en raison de l'emploi du tirage forcé, les tubes sont plus rapprochés les uns des autres. Les tubes sont courbés; ils forment des chicanes pour forcer les gaz à s'échapper en zigzag.

Fabrication. — Quel que soit le type de chaudière, les tubes sont en acier doux étiré sans soudure; les constructeurs leur donnent la préférence sur les tubes en cuivre, parce que, en cas de rupture, la section de la fente du tube d'acier est toujours faible, tandis que le tube en cuivre peut s'ouvrir complètement. Ces tubes sont éprouvés à 200 *atm* avant leur mise en œuvre. La jonction des tubes avec les collecteurs est faite, soit par un bon dudgeonnage, soit par un joint métallique démontable spécial. Dans le premier cas, on laisse au tube une saillie d'environ 0,010 *m* à l'intérieur du collecteur, de façon à faciliter le démontage éventuel. Le joint démontable est obtenu en serrant une bague d'amiante tressée du diamètre extérieur du tube entre la surface du collecteur et un écrou vissé sur le tube *(fig. 21, Pl. 190)*. Cet écrou porte à cet effet un évasement conique correspondant à une partie fraisée du trou cylindrique percé dans le collecteur pour le passage des tubes. C'est dans la cavité triangulaire ainsi obtenue que vient se loger la bague d'amiante. Un second écrou fixé sur l'extrémité du tube, à l'intérieur du collecteur, permet le serrage. Tous les écrous sont en bronze et l'étanchéité est parfaite sous des pressions de 25 *kg*.

Le distributeur et le collecteur sont formés de deux viroles demi-cylindriques en acier Martin-Siemens, rivées suivant les génératrices, et de deux fonds emboutis, également rivés. Ils peuvent aussi être établis sans soudures.

Les collecteurs sont montés sur la carcasse métallique de la chaudière, composée de panneaux formés de deux tôles d'acier de 0,003 *m*, laissant entre elles un intervalle de 0,06 *m* que l'on bourre de coton silicaté. Les tubes sont cintrés au préalable à l'aide d'une machine spéciale et coupés de longueur, s'il y a lieu; leur profil est rectifié au besoin sur place.

Pour éviter la production de chambres de vapeur dues à une vaporisation supérieure au débit correspondant à la vitesse de circulation de l'eau dans la chaudière, les constructeurs ne dépassent guère 3 *m* pour la longueur des tubes les plus exposés au feu et établissent les coudes de ces tubes avec des rayons très étendus et toujours en dehors de l'action directe de la flamme.

La grille est en fer. Chaque barreau est composé de trois fers plats de 50 × 5 entretoisés de façon à laisser entre eux un intervalle de 0,007 *m* pour le tirage forcé et de 0,010 *m* pour le tirage naturel. Les saillies des têtes rivées des entretoises maintiennent l'écartement entre les barreaux. La longueur des barreaux ne dépasse pas 0,90 *m*; la profondeur maxima de la grille est 1,800 *m*. La pompe est du système Wortington et le niveau d'eau est à glace prismatique.

Données caractéristiques. — Voici les éléments caractéristiques d'un générateur type torpilleur soumis aux essais du génie maritime à l'arsenal de Cherbourg :

Surface de chauffe.		92 m^2
Surface de grille.		2,65 *m*
Diamètre intérieur des tubes		0,030 *m*
Diamètre extérieur des tubes		0,035 *m*
Nombre des tubes		385
Longueur moyenne des tubes		2,20 *m*
Épaisseur des collecteurs.	Viroles supportant les tubes. . .	0,018 *m*
	Viroles supérieures.	0,012 *m*
Poids de la chaudière sans eau, mais munie de tous ses accessoires (1)		6 950 *kg*
Volume de l'eau.		1 700 *l*
Volume de vapeur.		600 *l*
Timbre.		14 *kg*

(1) Les accessoires entrent pour 1/10 environ dans le poids de l'appareil.

Les dimensions de la chaudière étant représentées par 2,76 *m* en longueur, 2,96 *m* en largeur et 2,50 *m* en hauteur (non compris le dôme de prise de vapeur), l'encombrement en projection horizontale serait de 0,0887 m^2 par mètre carré de surface de chauffe, et celui en projection verticale de 0,080 m^2 dans un sens et 0,075 *m* dans l'autre.

Le poids de la chaudière avec tous ses accessoires ressort à 2 622 *kg* par mètre carré de surface de grille et à 75 *kg* par mètre carré de surface de chauffe.

Le rapport de la surface de chauffe à la surface de grille est de 34,7.

Combustion. — Le volume de la chambre de combustion entre la grille et le faisceau tubulaire rapporté à la surface de grille serait de 0,5869 m^3 par mètre carré; les constructeurs disent dans certains cas le porter à 0,75 m^3 par mètre carré de grille. Ils donnent comme volume total de la chaudière pour un mètre carré de surface de grille la valeur 4,57 m^3.

D'après les constructeurs, le temps necessaire pour mettre leur générateur en pression est de 35 minutes. Les chiffres de la consommation de charbon par mètre carré de surface de grille, sans indication sur la qualité du charbon employé, seraient les suivants :

Tirage naturel (dépression de 5 *mm*) 70 *kg* ;
Tirage activé (dépression de 15 *mm*) 150 *kg* ;
Tirage forcé (dépression de 20 à 90 *mm*) 150 à 400.

Les constructeurs préfèrent soit un tirage naturel légèrement augmenté, soit une très légère pression d'air en chambre close (5 à 10 *mm*), soit un jet de vapeur (diamètre 8 *mm*) dans la cheminée.

L'épaisseur de la couche de charbon sur les grilles est réglée à 100, 150, 250 *mm* suivant qu'il s'agit du tirage forcé, du tirage simplement activé ou du tirage naturel.

La longueur moyenne du parcours, est évaluée à trois fois et demie la hauteur de la chaudière, du plan de la grille à la culotte de la cheminée. La section de cette dernière varie naturellement avec la destination de la chaudière.

Vaporisation. — Le tableau suivant, qui résume les résultats d'essais à chaud faits à l'arsenal de Cherbourg sous le contrôle

de la Marine, donne les principaux chiffres relatifs au rendement de la chaudière dont les caractéristiques ont été données plus haut.

	ESSAI DU 30 DÉCEMBRE 1895			ESSAI du 5 janvier 1896
	1re heure	2e heure	3e heure	
Pression de la chaudière	9 à 10 *kg*	9 à 10 *kg*	9 à 10 *kg*	10 *kg*
Pression d'air	50 *mm*	60 *mm*	80 *mm*	40 *mm*
Température de la chaufferie avant	21 à 25°	29°	27°	25°
— — arrière	31 à 38°	45°	45°	50°
Charbon brûlé par heure	800 *kg*	960 *kg*	960 *kg*	640 *kg*
Eau vaporisée par heure	5 390 *l*	6 070 *l*	6 570 *l*	4 660 *l*
Eau vaporisée par kilogramme de charbon	6,74 *l*	6,32 *l*	6,84 *l*	7,28 *l*
Eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe	58,60 *l*	66	71,40 *l*	50,40 *l*

D'autre part, les constructeurs donnent les chiffres moyens suivants :

	Tirage naturel.	Tirage activé.	Tirage forcé.
Poids d'eau vaporisée par kilogramme de charbon à la pression de. . . .	9 *l*	8 *l*	7,30 *l*
Poids d'eau vaporisée par mètre carré de surface de grille	25	35	72

Les chaudières sont timbrées de 12 à 18 *kg;* la pression maxima à laquelle un générateur de ce type ait fonctionné d'une façon courante est de 14 *kg.*

Les constructeurs estiment que les gros tuyaux, dits tubes de retour, n'ont guère de raison d'être que dans le cas de tirage forcé et pour des combustions dépassant 350 *kg* par mètre carré de grille; ils les conservent pourtant dans tous leurs appareils en raison du rôle d'épurateurs qu'ils leur attribuent et qu'ils expliquent par la facilité plus grande, donnée aux impuretés en suspension dans l'eau, de se déposer dans le distributeur.

Un robinet d'extraction permet d'évacuer les boues et dépôts ainsi formés avant qu'ils ne deviennent adhérents.

Entretien. — L'usage d'une eau claire non calcaire est naturellement recommandé; il faut procéder le plus souvent possible aux extractions de fonds.

Le ramonage des tubes est fait au moyen d'un jet de vapeur.

Pour le nettoyage intérieur on se sert d'une chainette munie à son extrémité d'un plomb. Le plomb introduit à la partie supérieure du tube, tombe, grâce à son poids, dans le distributeur, entraînant la chaîne; on atteint celle-ci et on la garnit, vers le milieu de sa longueur d'écouvillons métalliques. Puis deux hommes, placés l'un dans le collecteur, l'autre dans le distributeur, impriment un mouvement de va-et-vient à la chaîne.

D'après les constructeurs, il faudrait quinze minutes pour démonter un tube dudgeonné et huit minutes pour démonter un tube à écrou.

On peut se contenter de tamponner les tubes avariés.

Les chaudières comportant de dix à dix-huit séries, il faut prendre trois tubes de rechange pour les premières séries exposées à l'action directe du foyer et deux tubes pour les séries de retour de flamme.

Il suffirait de cinq minutes pour jeter le feu bas et de cinq autres minutes pour vider la chaudière. La découverte et le tamponnage nécessiteraient une demi-heure pour un tube des séries extrêmes et une heure ou une heure et demie pour un tube des séries centrales du faisceau. Le remplacement du tube demande une heure dans le premier cas, trois à quatre heures dans le second.

On peut procéder à ces remplacements dès que la chaudière est assez refroidie pour permettre à un homme d'entrer dans le collecteur. Les constructeurs conseillent de remplir la chaudière d'eau froide; on obtient ainsi un refroidissement immédiat et en même temps l'eau qui s'écoule à travers les parties avariées permet de localiser rapidement les fuites.

Les faces avant et arrière de la chaudière doivent rester libres; mais il suffit d'un intervalle de 0,60 *m* derrière ces façades pour le démontage des panneaux métalliques et le travail de réparation.

Prix et applications. — Le prix du générateur ressort à 5 700 *f* par mètre carré de surface de grille. Parmi les applications qui en ont été faites, il convient de citer la chaudière du bateau-rouleur *Ernest Bazin* et la chaudière auxiliaire de la *Ville de Cherbourg* de 20 m^2 de surface de chauffe. Cette dernière a été introduite pièce par pièce dans la chaufferie par un panneau de 45 × 50 et montée entièrement à bord sans arrêt du service du vapeur.

IX. — Chaudière Normand.

Description générale. — La chaudière Normand se compose d'un collecteur supérieur relié à deux distributeurs inférieurs par deux systèmes de tubes formés : l'un, d'un grand nombre de tubes de petit diamètre soumis à l'action du feu, l'autre d'un petit nombre de tubes soustraits au contraire à cette action et servant de tubes de retour. Les tubes de petit diamètre n'ont que la courbure nécessaire pour aboutir normalement sur le collecteur et les distributeurs; ils débouchent dans le collecteur au-dessous du plan d'eau (*fig. 22, Pl. 190*).

Les deux premiers rangs de tubes, du côté du foyer, sont, sur une certaine largeur, vers l'extrémité où se trouve la cheminée, rapprochés les uns des autres de manière à former écran. Les gaz ne peuvent ainsi pénétrer dans le faisceau tubulaire que par l'extrémité opposée à la cheminée, et sont obligés de le parcourir tout entier. De plus, sur toute la largeur du faisceau, les tubes sont rapprochés pour former voûte à la partie supérieure du foyer; cette voûte est complétée par des briques longitudinales qui reposent simplement sur les tubes.

Les tubes des rangées extérieures sont jointifs et forment un écran jusqu'à l'origine de la cheminée; là ils se séparent en haut de manière à livrer passage à une partie seulement des gaz. Le surplus est renvoyé à la partie inférieure des faisceaux par un écran en tôle que M. Normand appelle « autel renversé » ; il continue son parcours horizontal jusque dans une boite à fumée qui descend jusqu'aux distributeurs.

Le faisceau tubulaire est entouré d'une enveloppe en tôle mince aussi étanche que possible, afin d'éviter les rentrées d'air qui nuiraient au tirage. La cheminée peut être placée indifféremment du côté de la façade ou du côté opposé, moyennant déplacement correspondant de l'écran formé par les tubes intérieurs. Quand la cheminée est du côté de la façade, les flammes vont jusqu'au fond de la chaudière et reviennent de part et d'autre à travers les faisceaux tubulaires pour s'échapper par deux boites à fumée appliquées latéralement contre la chaudière. On dit alors que la chaudière est à *retour de flammes* (type *Aquilon*). Quand, au contraire, la cheminée est du côté du fond, comme sur le *Forban*, les flammes, renvoyées à l'arrière de la grille par un autel en maçonnerie formant écran complet, reviennent en avant, se répartissent

entre les deux faisceaux qu'ils parcourent comme dans le premier cas dans toute leur longueur, mais en sens inverse, pour aboutir dans la boîte à fumée appliquée sur le fond et divisée en deux parties correspondant aux deux faisceaux tubulaires. C'est ce qu'on appelle, d'une facon un peu conventionnelle, le type à *flamme directe.*

L'alimentation peut être assurée par des pompes quelconques, et la chaudière ne comporte d'autre accessoire essentiel que le régulateur automoteur d'alimentation.

La chaudière à double façade, étudiée pour les grands navires par M. Normand en collaboration avec M. Sigaudy, de la Compagnie des Forges et Chantiers, se compose simplement de deux chaudières Normand accolées dos à dos avec collecteur et distributeurs communs.

Pour les chaudières très larges, la grille est divisée en deux ou trois parties par des autels longitudinaux, ce qui permet de changer les barreaux sans éteindre complètement le foyer et, surtout dans le cas de trois grilles, de marcher à petite vitesse avec la seule grille centrale, ce qui est avantageux au point de vue de l'utilisation du combustible, Ces autels intermédiaires ont en outre l'avantage d'amener de l'air au milieu des gaz du foyer et d'en activer par suite la combustion. Les grilles ne comportent d'ailleurs aucun dispositif spécial ; on les rafraîchit en maintenant une couche d'eau de 0,10 *m* environ dans le fond du cendrier.

Fabrication. — Le collecteur, dont le diamètre varie de 0,80 *m* à 1,20 *m* est formé de deux tôles de 0,011 *m* à 0,013 *m* d'épaisseur, roulées et rivées, la tôle inférieure qui reçoit les tubes étant un peu plus épaisse que l'autre. Les distributeurs, de 0,370 *m* à 0,460 *m* de diamètre et 0,008 *m* à 0,009 *m* d'épaisseur, peuvent être formés de différentes façons :

1° Avec des tubes étirés sans soudure. Ce procédé est celui qui donne le plus de garanties au point de vue sécurité ; il a l'inconvénient d'être très coûteux, les distributeurs devant être étirés à l'épaisseur nécessaire pour la partie qui reçoit les tubes et rabotés ensuite sur les parties où cette épaisseur n'est pas nécessaire, et donnerait des poids excessifs.

2° Avec une seule tôle roulée.

Là encore, il faut diminuer l'épaisseur après coup ; le prix de revient est cependant moindre que dans le premier cas.

	Chaudière à flamme directe		Chaudière à retour de flamme			Chaudière Normand-Sigaudy
	Torpilleurs 201 à 205	Aviso-torpilleur *Lance*	*Aquilon*	*Cyclone*	*Durandal*	*Dunois* et *La Hire*
Longueur totale (cendrier et boîte à fumée compris)	2,570 *m*	3,380 *m*	3,740 *m*	3,650 *m*	3,600 *m*	6,340 *m*
Largeur (hors soute)	2,560	3,360	2,770	3,200	3,940	2,800
Hauteur (du dessous du cendrier au-dessus du collecteur)	2,570	2,790	2,641	3,400	3,880	3,300
Distance verticale entre le collecteur et les distributeurs	1,700	1,900	1,750	1,890	2,155	1,900
Distance horizontale entre distribnteurs	1,750	2,400	2,100	2,450	3,140	2,000
Tubes du faisceau — Diamètre intérieur	0,024	0,024	0,024	0,024 et 0,025	0,025	0,025
Tubes du faisceau — Diamètre extérieur	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Tubes du faisceau — Nombre total	784	1 404	1 112	1 348	1 414	1 988
Tubes de retour — Diamètre intérieur	0,186 *m*	0,200 *m*	0,254 *m*	0,250	0,250	0,200
Tubes de retour — Section intérieure	0,271	0,314	0,506	0,490	0,490	0,314
Grilles — Longueur (1)	1,710	2,385	2,390	2,500	2,500	2,105
Grilles — Largeur	1,220	1,760	1,400	1,900	2,460 (en 2 grilles)	1,400
Grilles — Distance au-dessous de la voûte	1,265	1,430	1,120	1,300	1,660	2,760
Surface de grille (G)	2,08 m^2	4,20 m^2	3,40 m^2	4,80 m^2	6,20 m^2	5,90 m^2 (en 2 grilles)
Surface de chauffe (C)	98,50	222	155	226	302,50	300,24
Rapport $\frac{C}{G}$	47,356	52,857	45,588	47,083	48,790	50,881
Poids — De la chaudière sans eau (habillée)	6,432 *tx*	11,874 *tx*	9,200 *tx*	12,200 *tx*	16,500 *tx*	18,500 *tx*
Poids — De l'eau	1,402	2,804	2,300	2,800	3,130	4,300
Poids — Total avec l'eau	7,834	14,678	11,500	15	19,630	22,800
Poids — Par mètre carré de surface de grille	3 760 *kg*	3 494,76 *kg*	3 382,35 *kg*	3 125 *kg*	3 166 *kg*	3 864,406 *kg*
Poids — Par mètre carré de surface de chauffe	79,6	66,117	74,200	66,371	64,9	75,939
Timbre de la chaudière	15	11	14	16	16	15

(1) Moitié pour la chaudière Normand-Sigaudy.

3° Au moyen de deux tôles appropriées aux efforts auxquels elles doivent résister. Cette solution est naturellement la plus économique.

Les tubes de faisceaux sont mandrinés dans le collecteur et les distributeurs; leur diamètre varie avec le service auquel est destinée la chaudière. Quand l'économie du poids a une importance prépondérante, on peut se servir de tubes de 24 × 30, et même 25 × 30, pour les chaudières appelées à un service très actif comme celles des transatlantiques, des grands croiseurs, etc., on peut employer des tubes de 30 × 36, mais toute autre dimension pourrait être adoptée.

Collecteur et distributeurs sont en acier qualité chaudière marine, les tubes en acier très doux, les tôles minces (enveloppes, cendrier, boîte à fumée) en acier qualité coque (ces parties peuvent être zinguées ; les accessoires de robinetterie sont en bronze ou en acier fondu.

Pour le montage, on établit d'abord la carcasse formée par le collecteur, les distributeurs et les retours d'eau et consolidée par des tirants, puis on pose les petits tubes préalablement cintrés, et on les mandrine : de l'intérieur pour le collecteur, au moyen d'un mandrin manœuvré du dehors pour les distributeurs.

Données caractéristiques. — Le tableau de la page 497, mis obligeamment à notre disposition par le constructeur, résume les principales données de ces chaudières.

Le rapport entre la surface de chauffe et la surface de grille varie, on le voit, entre 45 et 52. Les constructeurs font d'ailleurs remarquer que les surfaces de chauffe dépendent très souvent des emplacements disponibles, mais qu'en général le rapport entre la surface de chauffe et la surface de grille peut varier, du tirage ordinaire au tirage forcé, entre 40 et 55.

Combustion. — Il faut environ une demi-heure pour avoir de la vapeur ; si l'appareil fonctionne avec un ventilateur, il suffit de mettre celui-ci en marche pour obtenir très rapidement la pression de marche. Les constructeurs affirment d'ailleurs qu'ils ont pu brûler jusqu'à 330 *kg* par mètre carré de grille et par heure sans inconvénient et que la seule limite pratique est celle résultant de la destruction des grilles et des briques quand ces dernières ne sont pas de très bonne qualité.

Les renseignements officiels font défaut à l'égard de la consom-

	CHAUDIÈRE A FLAMME DIRECTE		CHAUDIÈRE A RETOUR DE FLAMME			CHAUDIÈRE Normand-Sigaudy
	Torpilleurs 201 à 205	Aviso-torpilleur *Lance*	*Aquilon*	*Cyclone*	*Durandal*	— *Dunois* et *La Hire*
Aux portes de cendrier.	43 dm^2	77 dm^2	0,4096 m^2	80,5 dm^2	112 dm^2	1 corps, 0,495 2 — 0,990
A travers les barreaux de grille.	1,14 m	2,29 m	1,85 m	2,61 m	3,38 m	3,21 m
A l'entrée du faisceau tubulaire (sens longitudinal, 2 côtés).	0,780 m^2	1,244 m^2	1,18 m^2	1,628 m^2	1,710 m^2	1,906 m^2 (2 corps)
Dans le faisceau tubulaire (sens transversal, 2 côtés).	0,682	1,37	1,07	1,31	1,77	1,6802 (2 corps)
Sous l'autel renversé (2 côtés).	0,52	0,764	0,903	0,777	»	1,4756 (2 corps)
A la sortie du faisceau. Dans la cheminée (partie supérieure).	0,204	0,372	0,250	0,449	0,564	1,4476 (2 corps)
A la sortie du faisceau. Dans la boite à fumée (extrémité).	0,682	1,37	1,07	1,31	1,77	1,680 (2 corps)
A la sortie de la boite à fumée (bas de la calotte).	0,593	0,755	0,517	0,733	»	1,550
Cheminée.	0,347	0,4925	0,485	0,66	0,86	2,36

mation de charbon et de la vaporisation ; M. Bertin indique cependant les chiffres suivants (1) :

Forban —	Dépression —	Combustion par mètre carré de grille et par heure.
Essai à 14 nœuds	»	34,48 *kg*
Essai à toute vitesse	120	312,19 *kg*
Torpilleurs *148*, *149*, *152*, *153*	»	331,30 *kg*

Des essais faits à Toulon dans des conditions défectueuses (2) ont donné, au tirage activé par un jet de vapeur, la pression d'air étant de 55 à 60 *mm*, une vaporisation de 9,1 *kg* par kilogramme de charbon avec une combustion de 247 *kg* par mètre carré de

La couche de charbon sur les grilles est maintenue aussi faible que possible, 10 à 12 *cm* environ. Sur l'*Aquilon*, les températures suivantes ont été relevées pour les gaz dans la cheminée, au cours des essais à grande vitesse :

A la vitesse de 20,7 nœuds 202° C ;
— 23,57 — 270° C ;
— 25,8 — 330° C.

Les sections de passage des gaz sont données au tableau de la page 499 pour les types déjà considérés.

La section des tuyaux d'alimentation est calculée de manière à assurer une vitesse d'environ 0,75 *m* par seconde à l'eau ; la température de celle-ci est d'ailleurs portée à 110 ou 120° C par des réchauffeurs.

Entretien. — Les constructeurs recommandent d'éviter avec le plus grand soin de laisser tomber dans l'intérieur des tubes des objets susceptibles d'entraver la circulation de l'eau ; il convient, dans ce but, de faire la garniture des trous d'hommes en une seule pièce afin d'éviter la chute de parties de garniture. Un disque en zinc est fixé sur chaque porte de façade des distributeurs ; il doit être remplacé dès qu'il est usé ou que l'on craint que des parcelles ne s'en détachent.

Un tuyautage à demeure permet d'envoyer un jet de vapeur pour le ramonage des tubes pendant la marche ; cette opération ne doit pas se faire à pleine pression. On peut aussi de temps à autre, ouvrir les portes de la façade et permettre ainsi, au milieu du faisceau tubulaire, des rentrées d'air qui assurent la combustion de la suie. Au repos, on nettoie à la brosse.

(1) Chaudières marines, p. 87 et 355.
(2) Chaudière en plein air, sans enveloppe avec pompe alimentaire défectueuse.

L'intérieur des tubes sera nettoyé au moyen de chasses d'air ou d'eau sous pression ; avant de fermer les réservoirs, il est recommandé de vérifier qu'il n'y ait pas d'obstruction dans les tubes en faisant passer dans chacun d'eux une balle en plomb d'un diamètre un peu inférieur à celui des tubes, descendue et remontée au moyen d'une ficelle par le collecteur.

En cas de chômage, la chaudière sera remplie complètement, avec de l'eau saturée de chaux et décantée ; les constructeurs considèrent d'ailleurs comme très utile de conserver du zinc dans la chaudière. Pour prévenir l'usure extérieure, ils recommandent de boucher la cheminée et les cendriers après avoir placé des récipients de chaux vive, fréquemment renouvelée, sur les grilles. On peut aussi badigeonner les tubes avec du pétrole. Ils estiment enfin qu'il est bon de prendre comme règle de nettoyer intérieurement les tubes toutes les fois que l'on en trouve la possibilité, par exemple tous les mois ou tous les deux mois.

On peut changer les tubes sans les couper au moyen d'un outillage spécial, qui permet de rétreindre l'extrémité des tubes afin de pouvoir les repousser *(fig. 23, Pl. 190)*. Cet outillage se compose d'un cliquet A muni de son porte-outil A′ de deux matrices B et B′ à trou conique, d'un repoussoir D et d'une tringle à crochet C. On engage successivement les deux matrices sur le tube, de manière à le rétreindre progressivement, et l'on finit de le chasser avec le repoussoir. Pour les joints supérieurs, un homme pénètre dans le collecteur pour manœuvrer le cliquet ; pour les joints inférieurs, cette manœuvre est obtenue par l'intermédiaire de la tringle C. Pour les tamponnages en cours de route, on se sert de bouchons coniques mis en place avec l'appareil servant à mandriner les tubes, pour les distributeurs, avec une simple clef à écrou pour le collecteur.

Les tubes de rechange peuvent être fournis droits à la plus grande longueur ; les tubes à remplacer servent de gabarit pour le cintrage. En général, il convient de ne changer les tubes que dans un port, la chaudière pouvant parfaitement fonctionner avec plusieurs tubes bouchés.

En cas d'avarie en marche, la découverte du tube, son remplacement et la remise en pression de la chaudière exigent un délai de quatre à cinq heures. Il suffit que la face avant soit libre ; sur la face arrière, il n'est besoin que d'un couloir pour le passage d'un homme, mais, l'espace entre deux appareils accolés peut être réduit à 15 à 20 *cm*.

Prix. — Les constructeurs donnent, à titre de simple indication, le prix approximatif de 10 000*f* par mètre carré de surface de grille pour leurs chaudières.

Régulateur automatique d'alimentation Normand-Sigaudy

Ce régulateur se compose *(fig. 28 bis, Pl. 190)* d'une capacité A dans laquelle joue un flotteur B équilibré par un contrepoids C auquel il est relié par un fléau D. Un tiroir cylindrique E, solidaire des mouvements du flotteur règle la section du passage de l'alimentation ; ce tiroir est percé d'un trou central mettant en équilibre de pression la partie inférieure du cylindre dans lequel il se meut et la capacité A.

Le régulateur est placé de préférence au-dessus du niveau normal de la chaudière et un tuyau de vidange H descend de l'appareil jusque dans le voisinage du centre de gravité de la surface d'évaporation de l'eau dont la hauteur est indépendante des mouvements du navire.

Une dépression créée par un petit orifice J (de 1 à 4 mm^2 de section) détermine un courant ascensionnel dans le tube H ; dès que le niveau dans la chaudière dépasse l'orifice I, c'est-à-dire quand l'alimentation est trop abondante, ce courant est formé d'eau et le flotteur se relève, entraînant le tiroir E et réduisant la section d'alimentation.

Bientôt le plan d'eau dans la chaudière baisse, l'orifice I redevient libre, l'appareil se vide, et le flotteur retombe avec le tiroir E.

L'alimentation de la chaudière est de nouveau ouverte en grand.

L'orifice I est entouré d'une capacité L complètement fermée, sauf à sa partie inférieure, où elle communique avec l'eau de la chaudière par un orifice M. Le niveau de l'eau dans cette capacité se trouve ainsi à l'abri des mouvements produits par le dégagement des bulles de vapeur.

Le régulateur est fixé à la chaudière par un robinet N ; la fermeture simultanée des robinets N et J permet de l'isoler au besoin. Enfin, une tige P, reliée au contrepoids C, indique les mouvements des pièces mobiles et permet de les actionner à la main.

Cette tige n'est pas indispensable.

Dans le cas de plusieurs chaudières alimentées par un même collecteur d'alimentation, les constructeurs recommandent de faire déboucher les tuyaux H des divers régulateurs un peu au-

dessous du niveau normal. Il en résulte que, normalement, l'alimentation ne se produit que par une très faible section, ce qui crée entre le collecteur d'alimentation et la chaudière un excès de pression grâce auquel l'écoulement se fait à peu près également dans toutes les chaudières, quelles que soient les faibles différences de pression des chaudières entre elles. Quand le niveau vient à baisser dans une chaudière, le régulateur agit et la section d'alimentation se trouvant augmentée dans la proportion de 1 à 4, 5 ou 6, le niveau se rétablit rapidement.

X. — Chaudière avec émulseur.

M. Paul Dubiau, directeur de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de Marseille a imaginé en 1893 un dispositif destiné à provoquer et à maintenir dans les chaudières une circulation d'eau fort active par le seul fait du dégagement de la vapeur et sans qu'il soit besoin de recourir à des organes mobiles. Ce dispositif est basé, ainsi que nous l'avons indiqué dans la partie « Expériences » de notre travail, sur l'emploi d'une sorte d'écran sous lequel se forme une réserve de vapeur et d'un faisceau tubulaire reliant cette réserve à la chambre supérieure. Le système fonctionne, nous l'avons vu, à la façon d'une pompe qui aspirerait l'eau à un niveau inférieur pour la relever à un niveau supérieur.

Les études expérimentales poursuivies pour se rendre un compte exact des conditions d'installation et de fonctionnement du système, ont montré que, pour avoir le maximum de rendement en eau élevée par centimètre carré de section, il fallait employer des tubes de 25 *mm* de diamètre intérieur et que ces tubes élevaient, avec une charge d'eau d'un mètre dans le retour, 35 *cl* d'eau par seconde (1). Il a été constaté, en outre, que le débit était continu, même pour de très faibles proportions de vapeur dans le mélange et que la pression de fonctionnement était sans influence sensible sur le volume d'eau élevé.

L'émulseur Dubiau a d'ailleurs été appliqué à une centaine de chaudières de types différents, en service en France ou à l'étranger, brûlant des combustibles divers et s'alimentant avec des eaux de composition très variée. Toutes ces applications ont donné de bons résultats ainsi qu'on peut en juger par les chiffres suivants relatifs à quelques-unes de ces applications.

(1) Avec de l'air comprimé et de l'eau froide, le débit est de 50 *cl*.

	DEUX CHAUDIÈRES CORNOUAILLES (1)		CHAUDIÈRE A BOUILLEURS (2)				CHAUDIÈRE MULTITUBULAIRE BELLENS (3) SANS RÉCHAUFFEUR	
	avec émulseur	sans émulseur	sans émulseur	sans émulseur	avec émulseur	avec émulseur	avec émulseur	avec émulseur
Dates des essais	20 oct. 1896	21 oct. 1896	»	»	»	»	28 mai 1894	31 mai 1894
Durée des essais	5 h.	5 h.	9 h. 3 m.	10 h. 30 m.	10 h.	10 h. 6 m.	7 h.	8 h.
Surface de chauffe	112 m^2	113 m^2	45 m^2	45 m^2	45 m^2	45 m^2	22 m^2	22 m^2
Surface de grille	4,5 m^2	3,4 m^2	1,44 m^2	1,44 m^2	1,44 m^2	1,44 m^2	1,17 m^2	1,17 m^2
Température de l'eau d'alimentation	82°	82°	»	»	»	»	15°	15°
Pression moyenne	6,5 à 7 *kg*	6 *kg*	5,63 *kg*	5,75 *kg*	5,44 *kg*	5,7 *kg*	4,8 *kg*	6,5 *kg*
Poids total de vapeur produite	16 712 *kg*	15 164 *kg*	9 337,6 *kg*	7 274,4 *kg*	12 718,1 *kg*	6 335,30 *kg*	7,509 *kg*	5,875 *kg*
Charbon consommé	1 607 *kg*	1 655 *kg*	1 855 *kg*	1 073 *kg*	2 070 *kg*	840 *kg*	1,250 *kg*	848 *kg*
Vaporisation par mètre carré de surface de chauffe et par heure	30 *kg*	26,84 *kg*	23,73 *kg*	15,91 *kg*	29,03 *kg*	15,97 *kg*	47,96 *kg*	33,36 *kg*
Charbon par mètre carré de surface de grille et par heure	71 *kg*	98 *kg*	142,18 *kg*	71,25 *kg*	143,75 *kg*	65 *kg*	152,62 *kg*	90,59 *kg*

(1) Essais faits par M. Merlini, directeur du Laboratoire technique de l'École Polytechnique de Milan, dans les établissements Pirelli et Cie, de Milan.

(2) Essais faits par l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, chez MM. Botting frères, brasseurs, à Maxéville (Nancy).

(3) Essais faits par M. Compère, directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Les essais antérieurs sur des chaudières du même type, sans émulseur, avaient indiqué une vaporisation ne dépassant pas 10 *kg* par mètre carré de surface de chauffe.

Le principe de l'émulseur n'a pas encore été appliqué, que nous sachions, aux chaudières marines, mais M. Bellens, administrateur de la Société des émulseurs à vapeur, a bien voulu nous communiquer une étude pour cette application spéciale *(fig. 24, pl. 190)*.

Le faisceau de tubes vaporisateurs est placé directement sur la grille ; il se compose d'une seule rangée horizontale de tubes de 60 *mm* de diamètre extérieur. Ces tubes sont insérés à l'arrière et à l'avant dans des collecteurs communs. Le collecteur de l'avant est circulaire et se termine à ses deux extrémités par deux tubulures qui reçoivent chacune un faisceau de tubes émulseurs composé de 50 tubes en fer de 31 *mm* de diamètre intérieur, qui pénètre dans ce collecteur et le met en communication avec le réservoir supérieur de vapeur et d'eau, où les faisceaux débouchent au-dessous du plan d'eau.

Le faisceau tubulaire intermédiaire est formé de tubes de 100 *mm* de diamètre, assemblés à leurs extrémités dans des collecteurs ou des caissons suivant le mode préféré pour la construction. Le caisson ou le collecteur avant est raccordé à la partie basse du réservoir de vapeur et d'eau, et débouche à l'intérieur d'un caisson sur lequel est placée une deuxième série de 6 faisceaux émulseurs, chacun de ces faisceaux étant formé de l'assemblage de 35 tubes de 25 *mm* de diamètre intérieur.

Enfin, un troisième faisceau tubulaire formé d'une rangée de tubes de 110 *mm* de diamètre intérieur placés à la partie supérieure de la chaudière, est inséré à l'avant dans le réservoir, en-dessous du plan d'eau et à l'arrière dans un collecteur commun.

Les trois collecteurs d'arrière communiquent entre eux ; ils peuvent ne former au besoin qu'un seul et même caisson. La vapeur et l'eau de la rangée de tubes de coup de feu sont appelés dans le collecteur circulaire de l'avant par les faisceaux émulseurs insérés dans ces collecteurs qui les déversent directement dans le réservoir supérieur.

La vapeur et l'eau du faisceau vaporisateur intermédiaire sont aspirés par les émulseurs insérés sur le caisson du réservoir et déversés dans celui-ci. Le retour de l'eau élevée se fait par la dernière rangée de tubes et par les communications de l'arrière. Une partie est appelée dans le faisceau intermédiaire, l'autre partie, la plus importante, va aux surfaces de chauffe directe.

Le volume total d'eau mise en circulation dans un appareil ainsi établi est de 87 *l* par seconde. Les faisceaux émulseurs sont calculés pour un débit de 48 *l* par seconde à travers les tubes de

coup de feu ; ce volume d'eau y sera toujours présent, à n'importe quelle allure de la grille.

Des dispositions particulières qui ne figurent pas au dessin, ont pour effet de soustraire les plans d'émulsion et du corps cylindrique aux perturbations que pourraient y apporter les mouvements de roulis et de tangage.

Le parcours des gaz se rendant à la cheminée est indiqué par des flèches ; l'utilisation de ces gaz peut être complétée par l'adjonction d'un réchauffeur d'eau d'alimentation intercalé à la partie haute.

La surface de grille de la chaudière est de 6,16 m^2 ; sa surface de chauffe de 145 m^2. Le volume occupé est de 39,3 m^3 ; la surface occupée en plan de 11,3 m^2.

Aux allures de 80, 100, 150 *kg* de charbon par mètre carré de grille, la production totale de vapeur sera respectivement de 4 000, 5 000 et 7 000 *kg* de vapeur par heure. L'allure par mètre carré de surface de chauffe sera de 27,5, 34,5 et 48,3 *kg* de vapeur par heure.

Les productions de vapeur horaires rapportées au mètre carré de surface de grille et de surface ou de volume occupé seront les suivantes :

Par mètre carré de surface de grille	650 *kg*	811 *kg*	1136 *kg*
Par mètre carré de surface occupée	354	442	620
Par mètre cube occupé.	101	127	178

XI. — Chaudière Solignac.

La chaudière Solignac se compose *(fig. 25, Pl. 190)* d'un collecteur supérieur horizontal, parallèle à la façade, d'où descendent une série de distributeurs verticaux sur lesquels sont branchés des faisceaux tubulaires formés de tubes en U placés normalement à la façade. Ces tubes sont simplement dudgeonnés. Des chicanes en fonte obligent les flammes à suivre les tubes sur tout leur parcours avant de gagner la cheminée.

Le générateur ne comporte d'ailleurs aucun appareil spécial, la grille en peut être quelconque, et toute l'originalité du système réside dans l'adjonction, à l'entrée des tubes, de tuyères qui ne laissent pénétrer dans les tubes vaporisateurs qu'une quantité d'eau sensiblement égale à celle que ceux-ci peuvent vaporiser immédiatement, de manière à éviter l'encombrement des tubes

par de l'eau inutile qui, d'après l'inventeur, ferait obstacle à une circulation active.

La tuyère se compose d'un bout de tube en laiton ayant un fond percé d'un orifice sensiblement égal au douzième de la section du tube vaporisateur.

Le collecteur joue le rôle de volant régulateur, et si la production des tubes vaporisateurs vient à dépasser les besoins, la masse d'eau qu'il contient condense la vapeur en excédent et emmagasine les calories pour les restituer quand la consommation devient supérieure à la production; du reste, pour les chaudières d'un débit de vapeur supérieur à 800 *kg*, on peut mettre deux collecteurs et doubler ainsi la réserve d'eau.

Données caractéristiques. — Les éléments tubulaires sont préparés par unités pouvant donner 400 *kg* de vapeur à l'heure; on les groupe en plus ou moins grand nombre suivant les besoins. Voici, d'après les constructeurs, les données principales de ces chaudières.

		Vaporisation à l'heure			
		400 *kg*	1 200 *kg*	2 000 *kg*	3 200 *kg*
Longueur		2,370 *m*	2,420 *m*	2,470 *m*	2,520 *m*
Largeur		1,100 *m*	1,900 *m*	2,700 *m*	3,900 *m*
Hauteur		2,670 *m*	2,770 *m*	2,870 *m*	2,970 *m*
Cube		7,910 m^3	12,736 m^3	19,140 m^3	29,189 m^3
Poids		3 000 *kg*	5 929 *kg*	9 269 *kg*	14 163 *kg*
Surface de grille (G)		0,8640 m^2	2,592 m^2	4,320 m^2	6,912 m^2
Surface de chauffe (C)		8,27 m^2	24,81 m^2	41,35 m^2	68,16 m^2
Rapport $\frac{C}{G}$		9,57	9,57	9,56	9,86
Volume d'eau normal	Ballon simple	0,325 m^3	0,820 m^3	1,420 m^3	2,430 m^3
	Ballon double	»	1,530 m^3	2,66 m^3	4,500 m^3

Combustion et vaporisation. — Il faut de 20 à 25 minutes pour monter en pression. Avec une dépression de 16 à 19 *mm* d'eau, la consommation de houille étant de 70 *kg* par mètre carré de surface de grille, il a été constaté que la température des gaz dans la cheminée était de 300°; grâce aux chicanes mentionnées plus haut, le parcours des gaz à travers le faisceau tubulaire est d'environ 4 *m*.

Les constructeurs affirment obtenir une vaporisation de 50 à 60 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe. Le rendement par kilogramme de charbon serait de 8,5 *kg*. Tous ces chiffres ont d'ailleurs trait au tirage naturel, aucun essai au tirage forcé n'ayant encore été fait. Les constructeurs pensent toutefois que l'application du tirage forcé pourrait tripler la vaporisation sans que les tubes fussent plus malmenés que dans une marche à tirage naturel avec les autres chaudières.

Les chaudières sont timbrées à 12 *kg*; les tubes ont 24 *mm* de diamètre intérieur, et la section intérieure du faisceau tubulaire est de 9,60 m^2 par mètre carré de surface de grille; la surface extérieure de cette section est de 12 m^2.

Les données suivantes, empruntées à des procès-verbaux d'essais, permettent de se rendre compte des conditions de fonctionnement.

	Chaudière n° 1.	Chaudière n° 2.
Surface de grille	3,20 m^2	0,88 m^2
Surface de chauffe	35 m^2	8,80 m^2
Durée de l'essai	7 *h*	10 *h*
Quantité d'eau vaporisée	13 824,72 *kg*	4 600 *kg*
Pression moyenne	10,5 *kg*	6 *kg*
Température de l'eau d'alimentation	35° et 55°	15°
Vaporisation par heure	1 974,96 *kg*	460 *kg*
Eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe	56,42 *kg*	52 *kg*
Eau vaporisée par kilogramme de charbon	8,64	8,514
Température de la base de la cheminée	410°	320°
Tirage	19 *mm*	16 *mm*
Combustible employé	briquettes d'Anzin	demi-gras courte flamme ordinaire

Entretien. — L'entretien n'exige aucune précaution spéciale, le ramonage des tubes se fait à la lance, le nettoyage intérieur au moyen d'une chaîne que l'on anime à la main d'un mouvement de va-et-vient. Ce dernier nettoyage doit être pratiqué toutes les 300 heures avec des eaux marquant moins de 30°.

Un élément capable de produire 400 *kg* de vapeur peut être démonté et remonté en une demi-heure; il suffit que la face avant soit libre; toutes les autres faces peuvent être bloquées.

Le générateur ne comporte que quatre types de tubes en U, de 30 *mm* de diamètre extérieur; on peut d'ailleurs se munir d'un ou plusieurs éléments de rechange. Les constructeurs donnent le détail suivant pour la réparation d'une avarie survenant en pleine marche :

Mise bas du feu.	5	minutes
Vidange de la chaudière.	10	—
Recherche du tube avarié et sortie du faisceau correspondant	15	—
Coupement du tube.	10	—
Remplacement du tube	20	—
Jonctionnement du faisceau	10	—
Remplissage	15	—
Allumage	15	—
Mise en pression	10	—
TOTAL	1 h. 50 min.	

délai que l'on peut abréger de 30 minutes en remplaçant directement le faisceau avarié par un faisceau de rechange. Ce faisceau peut d'ailleurs être sorti dès que la chaudière est vidée, et les seuls outils nécessaires sont des clefs ordinaires et un dudgeon.

Prix. — Les constructeurs indiquent pour leurs chaudières un prix variant de 4 000 *f* pour un production de 400 *kg* de vapeur à 19 000 *f* pour une production de 3 200 *kg;* en tenant pour bons les chiffres de production de vapeur indiqués plus haut, cela revient à 5 000 *f* par mètre carré de surface de grille, pour le petit modèle, et à 3 000 *f* pour le grand.

La chaudière Solignac n'a encore reçu que quelques applications industrielles, parmi lesquelles nous citerons : une chaudière donnant 2 000 *kg* de vapeur pour la station électrique du chemin de fer du Nord, et une chaudière de 1 500 *kg* pour la maison Bréguet.

CHAPITRE III

EXPÉRIENCES SUR LA CIRCULATION

Nous donnons ici une description sommaire de quelques-unes des principales expériences sur la circulation. Elles ont toutes été faites par nous ou devant nous sauf celles de MM. Yarrow et Watt qui furent exécutées en présence d'un grand nombre d'ingénieurs anglais.

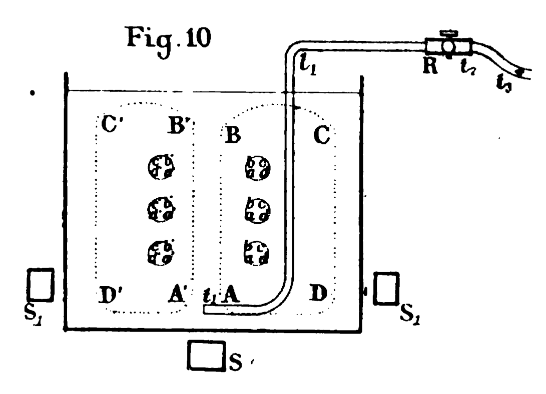
I. — Soit un récipient en verre affectant une forme cylindrique ou prismatique droite et ayant un diamètre sensiblement égal à sa hauteur.

On le remplit presque d'eau dans laquelle on met de la sciure de bois afin de pouvoir observer le mouvement de la masse liquide.

On peut faire agir à tour de rôle ou simultanément deux couronnes de becs de gaz réglables à volonté : l'une S au centre; l'autre, S_1S_1 au pourtour de la base.

Un tube recourbé en verre t_1t_1, fixé à un tube de caoutchouc t_3, permet d'amener de l'air ou du gaz sous pression au centre de la base du récipient; un robinet R fixé sur un tube métallique t_2 compris entre un petit raccord en caoutchouc et le long tube de caoutchouc permet de régler l'arrivée de l'air.

1° On soumet le récipient à l'action de la couronne de becs de gaz S située au centre de la base et l'on règle la flamme de façon



à n'avoir point d'ébullition. On observe une succession de courants généraux ABCD, A'B'C'D', très lents et à peine perceptibles sauf dans la partie centrale située au-dessus de la couronne de becs *(fig. 10)*.

2° On éteint la couronne S et on allume la couronne S_1S_1 entourant le récipient au bas des parois verticales.

Les courants généraux ont encore le sens ADCB, A'D'C'B'. Ils sont, à quantité de chaleur égale, plus lents et moins perceptibles que dans le cas précédent.

3° On éteint S_1S_1 et l'on allume de nouveau S que l'on règle de façon à provoquer et à maintenir l'ébullition.

En augmentant l'intensité de la flamme on constate d'abord les trois phases ordinaires de l'ébullition :

a) Les bulles n'atteignent point la surface libre;

b) Les bulles conservent sensiblement le même volume jusqu'à la surface libre;

c) Les bulles augmentent de volume depuis le fond jusqu'à la surface.

Chaque fois qu'une bulle crève à la surface libre, il y a une petite masse d'eau projetée au-dessus de cette surface libre.

On observe de nouveau les courants généraux ABCD, A'B'C'D' mais beaucoup plus intenses et perceptibles. On remarque également des remous de circulation *abcd*, *a'b'c'd'* de formes très chaotiques et irrégulières; on peut dire qu'un remous quelconque est généralement orienté de telle sorte que la branche ascendante de son circuit se confonde avec la branche ascendante du courant général voisin.

On voit ainsi qu'une fraction considérable du liquide entraîné dans la colonne cylindrique centrale ascendante provient des masses immédiatement voisines et est rejetée dans ces mêmes masses. On remarque que la vitesse de ces courants augmente ou diminue suivant l'intensité de la flamme.

4° On éteint S et l'on allume S_1S_1 que l'on règle de façon à provoquer et à maintenir l'ébullition.

Les courants généraux changent de sens; on constate aussi, près des branches ascendantes des courants généraux, des remous qui paraissent orientés de telle sorte que la portion ascendante du circuit du remous se confonde sensiblement avec la branche ascendante du courant général voisin; mais ces remous sont peu perceptibles.

5° On éteint les couronnes de becs S et S_1S_1; on ouvre une arrivée de gaz ou d'air sous pression.

Les courants s'établissent exactement comme avec la couronne centrale S.

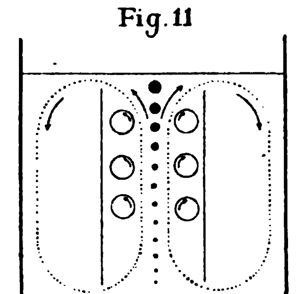
On observe qu'à chaque arrivée d'air à la surface libre, il y a une petite masse d'eau projetée au-dessus de cette surface libre.

II. — On prend une série de vases cylindriques de même diamètre, mais ayant des hauteurs différentes. On fait arriver au centre de la base un conduit d'air sous pression.

On constate que la vitesse du courant général dans la partie médiane et la vitesse des remous semblent augmenter avec la hauteur.

III. — On prend une série de vases cylindriques de même hauteur mais de diamètres différents. On fait arriver de l'air sous pression au centre de leurs bases.

Fig. 11



Les courants généraux varient peu avec les diamètres. Au contraire les remous varient sensiblement de forme avec les diamètres, sans qu'il soit pourtant facile de la définir bien exactement (*fig. 11*).

IV. — On prend le même récipient cylindrique contenant de l'eau avec un peu de sciure de bois; on dispose au centre de la base une arrivée d'air ou de gaz sous pression.

On prend une série de tubes de diamètres différents et ayant tous pour hauteur commune une longueur inférieure d'une dizaine de centimètres à la hauteur de la surface libre du liquide au-dessus du fond.

On dispose ensuite tour à tour, soit à l'aide d'une carcasse en fil de fer reliée à un support extérieur au vase, soit à l'aide de petits tripodes en fil de fer, chacun de ces tubes au-dessus de l'arrivée d'air sous pression, de façon à laisser environ 0,05 *m* entre le fond du récipient et le bas du tube.

Pour un même débit d'air, la vitesse de la partie ascendante du courant général augmente très visiblement au fur et à mesure que le diamètre diminue; en même temps les remous changent de forme et paraissent diminuer. La vitesse de la partie ascendante atteint un maximum considérable lorsque les bulles remplissent complètement le tube; à ce moment, il va sans dire qu'il n'y

a plus de remous ; les bulles montent régulièrement et sont séparées par de petites colonnes de liquide (*fig. 12*).

Fig 12.



V. — On dispose une série de vases cylindriques de même hauteur, mais ayant des diamètres différents.

On répète à tour de rôle sur les différents récipients l'expérience précédente avec un tube central.

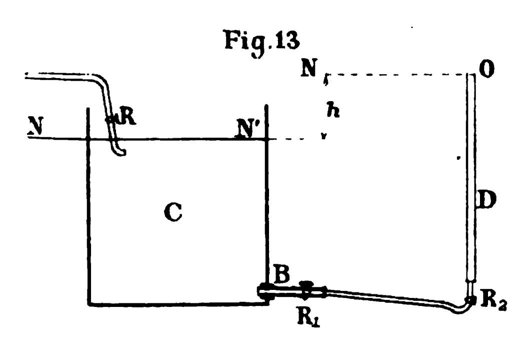
On constate que pour un même débit d'air et pour un même tube central la vitesse d'entraînement ne varie pas sensiblement avec le diamètre du récipient.

VI. — On refait la même série d'expériences en prenant comme récipients extérieurs des tubes bouchés en bas et ayant des diamètres comparables à celui du tube intérieur.

Lorsque le diamètre du tube extérieur est tel que l'espace annulaire par lequel se fait la descente d'eau tombe au-dessous d'une certaine limite, on observe dans le tube central une perturbation sensible qui indique probablement un ralentissement de débit d'eau entraînée.

VII. — On prend un récipient en verre C (*fig. 13*) dans lequel un tube muni d'un robinet R permet de régler l'arrivée de l'eau de façon à maintenir un niveau constant NN'. Dans le bas du récipient un bouchon B porte un tube métallique muni d'un robinet R_1, sur lequel, à l'aide d'un long raccord en caoutchouc, on peut fixer des tubes D droits et de diamètres différents. Ce raccord est assez long pour permettre de placer l'orifice O du tube D à des hauteurs *h* variables au-dessus du niveau NN'.

Fig.13



A l'extrémité du raccord de caoutchouc débouche un tube d'amenée d'air dont le débit est réglable à l'aide d'un robinet R_2.

1° Avec un tube D assez gros pour qu'il s'y produise une circulation intérieure analogue à celle déjà décrite dans le n° 1, il suffit de donner à h une valeur très faible pour qu'il n'y ait aucune espèce d'écoulement par l'orifice O, quel que soit le débit d'air. On peut manœuvrer le robinet R_1 comme on veut, sans pouvoir observer le moindre résultat.

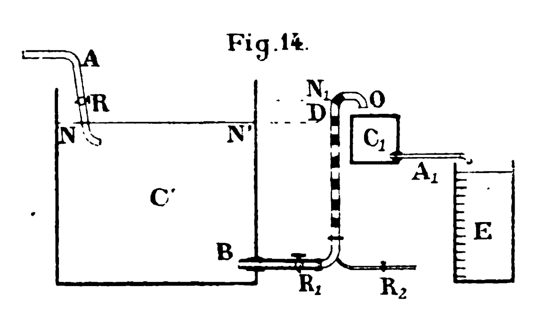
2° Pour un même débit d'air, avec des tubes D de diamètres décroissants, on arrive subitement à un certain tube D pour lequel il faut donner à h une valeur sensible pour que l'écoulement ne se produise point. La manœuvre du robinet R_1 n'affecte point sensiblement h.

3° Pour le même débit d'air, avec des tubes de diamètres décroissants au-dessous de la limite précédente, h augmente rapidement et atteint son maximum lorsque les bulles d'air occupent la section entière du tube D. La manœuvre du robinet R_1 ne semble point affecter sensiblement h.

4° Avec un certain tube tel que sa section soit entièrement occupée par les bulles d'air, h augmente — au moins dans certaines limites — avec le débit d'air. La manœuvre du robinet R_1 ne paraît point affecter sensiblement h.

VIII. — On prend encore un récipient en verre C dans lequel un tube A muni d'un robinet R permet de régler l'arrivée de l'eau de façon à maintenir un niveau constant NN'. Au fond du récipient, un bouchon B permet de fixer un tube métallique muni d'un robinet R_1 et portant, à l'aide d'un raccord en caoutchouc, un tube recourbé en verre. Dans le raccord en caoutchouc débouche la pointe d'un tube d'arrivée d'air sous pression dont on peut régler le débit avec un robinet R_2.

Fig. 14.



Le tube recourbé débouche, a un niveau N_1 un peu supérieur à celui de NN' dans un autre récipient C_1 qui se vide lui-même par le tube A_1 dans une éprouvette graduée E (*fig. 14*).

1° On met successivement sur le tube C des tubes recourbés D de même hauteur et de diamètres différents.

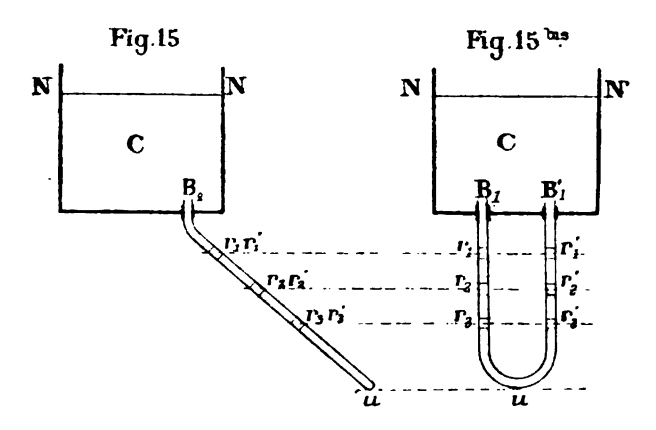
Pour un même niveau NN′, une même dénivellation entre NN′ et O, et un même débit d'air, le débit de l'eau est maximum lorsque les bulles occupent nettement toute la section du tube D.

2° Avec un même appareil, le débit de l'eau n'augmente pas indéfiniment avec le débit de l'air.

3° En manœuvant le robinet R_1 on constate qu'une légère fermeture n'affecte pas sensiblement le débit que donne le tube dont la section entière est occupée par les bulles.

Mais au-delà d'un certain point, l'étranglement de la section libre du robinet R_1 diminue sensiblement le débit du tube D.

IX. — On prend un récipient C en verre. A l'aide de deux systèmes de bouchons $B_1B'_1$ et $B_2B'_2$ on peut adapter au fond ou au bas d'une paroi verticale de ce vase un tube formé d'un raccord inférieur *u* en verre et d'une série de petits éléments rectilignes réunis par des raccords en caoutchouc (*fig. 15 et 15 bis*). On



dispose plusieurs tubes d'amenée d'air en caoutchouc branchés sur une conduite générale d'air sous pression. Au bout de chacun de ces tubes en caoutchouc on fixe un petit tube en verre ou en métal dont les bouts très effilés peuvent être sans inconvénient piqués dans les raccords en caoutchouc. En piquant ainsi un ou plusieurs tubes effilés, on détermine une circulation sensible telle que le liquide monte dans la branche où se trouve le raccord traversé par le tube d'air, pourvu que l'inclinaison du système $B_1uB'_1$ ou $B_2uB'_2$ soit supérieure à une dizaine de degrés.

1° Avec un seule tube d'amenée d'air ayant un débit constant pour une inclinaison quelconque, la vitesse augmente lorsqu'on pique successivement le tube effilé en r_1 puis en r_2 puis en r_3.

2° Le tube à air étant piqué dans un raccord quelconque, la vitesse augmente avec l'inclinaison du système $B_1uB'_1$ ou $B_2uB'_2$.

3° Après avoir piqué un tube à air en r_1, si l'on pique un autre tube à air en r_2, puis un troisième en r_3, chaque tube à air ayant à peu près même débit, la vitesse de circulation dans le sens des aiguilles d'une montre augmente sensiblement.

4° Une fois cette circulation bien établie on peut piquer un quatrième tube à air en r'_3 sans changer le sens de la circulation.

5° On peut retirer les tubes à air en r_1, r_2, r_3 sans changer le sens de la circulation ; mais la vitesse revient à peu près à ce qu'elle était avec un seul tube à air piqué en r_3.

X. — On prend un récipient C en verre où deux ouvertures B_1 et B_2 permettent de fixer des tubes verticaux en verre T_1 ou des tubes inclinés en verre T_2 de différents diamètres *(fig. 16)*.

Le tube en expérience peut être chauffé à l'aide d'un bec de gaz dont on dirigera toujours autant que possible la flamme normalement au tube afin d'avoir des résultats comparables; il est bon, au moins au début de l'expérience, d'entourer d'une toile métallique le tube en verre afin d'éviter la rupture de ce dernier.

1° Avec un même bec de gaz réglé d'une façon constante, il y

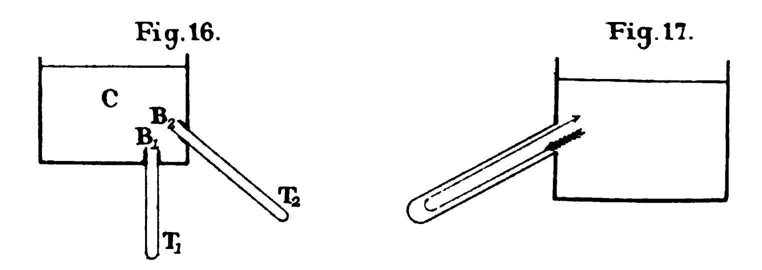


Fig. 16. Fig. 17.

a un diamètre minimum de tube au-dessus duquel le tube vertical ou incliné chauffé se comporte comme un récipient chauffé : il n'y a circulation que par rapport au tube lui-même. Avec une chauffe très intense sur un tube incliné, il y a un embryon à peine perceptible de circulation tel que l'indique la figure 17.

2° Avec un même bec de gaz réglé d'une façon constante et pour une inclinaison déterminée, il y a un diamètre minimum au-dessous duquel le tube est alternativement presque entièrement plein de vapeur et d'eau.

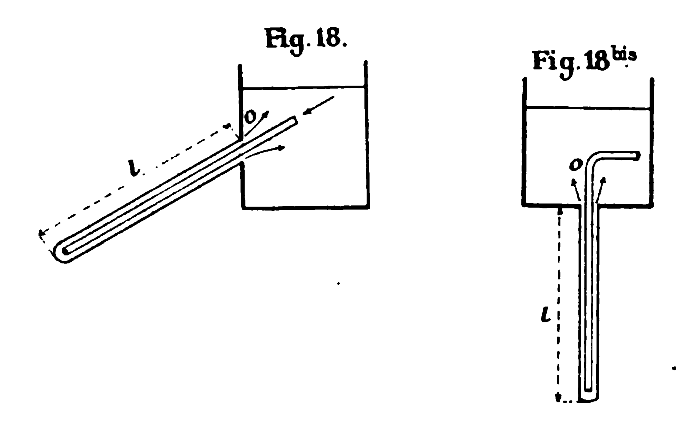
Il se forme alors une poche de vapeur qui croît d'abord assez

lentement ; puis, tout à coup, l'eau est violemment refoulée vers l'entrée du tube; la vapeur s'échappe en produisant des remous violents. Le tube reste un temps très appréciable sans presque contenir d'eau ; enfin, l'eau revient avec impétuosité dans le tube qu'elle remplit complètement en produisant souvent un coup sec avec un bruit métallique.

Pour peu que l'on force la chauffe le tube casse.

3° Si dans ce tube ainsi chauffé, on introduit un autre tube intérieur ayant à peu près la même longueur, les phénomènes ne sont point sensiblement changés, quelle que soit l'inclinaison des tubes ; il est visible que l'entrée d'eau est empêchée par la sortie de la vapeur.

4° Si l'on parvient à soustraire l'entrée du tube intérieur à l'action de la vapeur qui s'échappe de l'espace annulaire, on a, au contraire, une excellente circulation qui, pour un tube déterminé, augmente sensiblement d'intensité avec l'inclinaison du



tube; même avec une chauffe intense, le tube ne casse pas. Le sens de la circulation ne change pas lorsqu'on fait varier considérablement le rapport de la section du tube intérieur à la section de l'espace annulaire *(fig. 18 et 18 bis)*.

XI. — Expériences de M. Bellens.

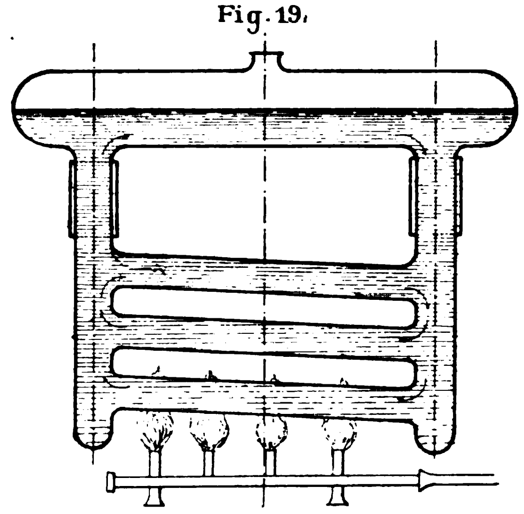
1° M. Bellens a établi deux modèles dont les tubes inclinés ont respectivement 25 *mm* et 60 *mm* de diamètre.

Le second est agencé de façon à permettre à volonté la ferme-

ture de l'extrémité inférieure ou supérieure du faisceau incliné (*fig. 19 et 20*).

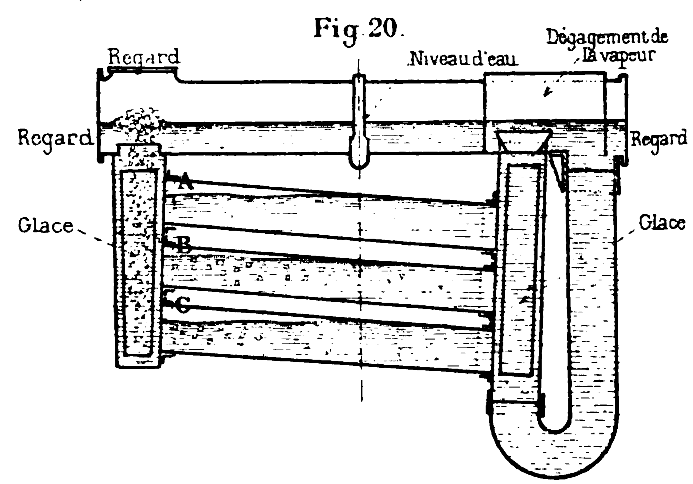
M. Bellens a bien voulu faire fonctionner ces appareils en notre

Fig. 19.



présence; ce qui nous a permis de constater que la circulation était très médiocre et que, ainsi qu'il le dit dans son intéressant ouvrage (1), une bonne partie de l'eau chassée par les bulles re-

Fig 20.



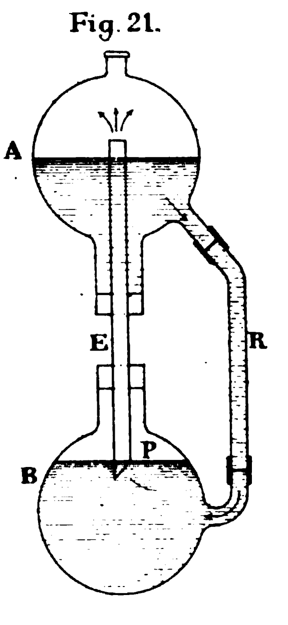
vient par l'extrémité supérieure des tubes et non point par leur extrémité inférieure.

De plus, le mouvement général de l'eau dans le second et le troisième tube à partir du bas est extrêmement irrégulier. Non

(1) *Traité des chaudières à vapeur*, par Charles Bellens. — Baudry, Paris, 1895.

seulement il se ralentit ou s'accélère sans qu'on sache pourquoi, mais encore il change de sens; les tubes se remplissent ainsi presque entièrement de vapeur.

Fig. 21.



Ces perturbations se produisent surtout au moment des changements du régime de la chauffe.

2° M. Bellens a également monté un appareil destiné à démontrer le fonctionnement des émulseurs Dubiau.

Deux ballons A et B sont réunis par un tube R et par un tube E dont l'extrémité inférieure est coupée en biseau. Ce tube E est dénommé tube émulseur *(fig. 21)*.

Le ballon B est, au début, complètement rempli d'eau. On le chauffe. La vapeur s'accumule dans la partie supérieure du ballon jusqu'à ce que le niveau du biseau P étant atteint, elle s'échappe par ce tube en entraînant de l'eau dans le ballon A. A partir de ce moment, une circulation extrêmement active s'établit. Le niveau de la vapeur reste constant, à moins que le régime de chauffe soit tel que la production de vapeur dépasse le débit du tube E.

XII. — Expériences de M. Niclausse.

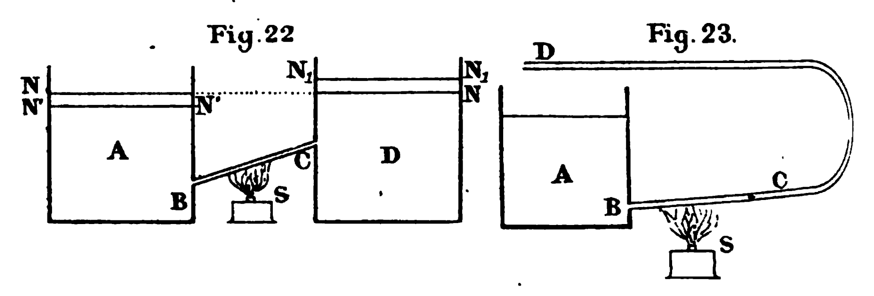
M. Niclausse a fait fonctionner devant nous un groupe composé d'éléments aquitubulaires Niclausse mais à dimensions réduites; des glaces disposées sur la lame collectrice de vapeur et sur la lame distributrice d'eau permettent de constater que la circulation y est satisfaisante.

XIII. — Expériences de M. Solignac.

M. Solignac a bien voulu faire devant nous les deux expériences suivantes *(fig. 22)*:

1° Deux récipients en verre A et D communiquent par un tube en cuivre d'un diamètre de 5 à 7 *mm* environ. On laisse l'eau s'établir au même niveau dans les deux récipients. On chauffe le tube BC avec un bec de gaz S. On voit en D tour à tour la vapeur sortir et l'eau entrer. Le tube rougit.

Si l'on fixe en B un diaphragme tel que le rapport de son diamètre à celui du tube BC soit de un douzième environ, le tube refroidit et l'on voit la surface libre du liquide en A s'abaisser tandis qu'elle s'élève d'une quantité égale en D. Ce double mou-



vement s'arrête lorsque la dénivellation atteint environ 20 *mm*; puis le tube rougit de nouveau.

2° On fait la même expérience avec un tube recourbé dont la partie BC est peu inclinée *(fig. 23)*.

Une fois le diaphragme fixé en B, il s'établit dans le sens ABCD une circulation par pulsations irrégulières et alternatives de masses d'eau et de vapeur.

XIV. — Expériences de M. J. I. Thornycroft.

M. J. I. Thornycroft a eu l'obligeance, lors de notre visite aux ateliers de Chiswick, de faire fonctionner devant nous deux minuscules modèles de ses chaudières du type *Speedy* et *Daring*. Ces modèles fonctionnent à la pression atmosphérique et sont chauffés au gaz; ils sont construits en métal et portent des glaces sur les faces du collecteur supérieur. Nous avons pu constater sur ces modèles que, quel que fût le régime de chauffe, chaque tube projetait alternativement une bulle de vapeur et un fort jet d'eau. La circulation dans chaque tube est extraordinairement intense et s'effectue suivant un rythme sensiblement constant.

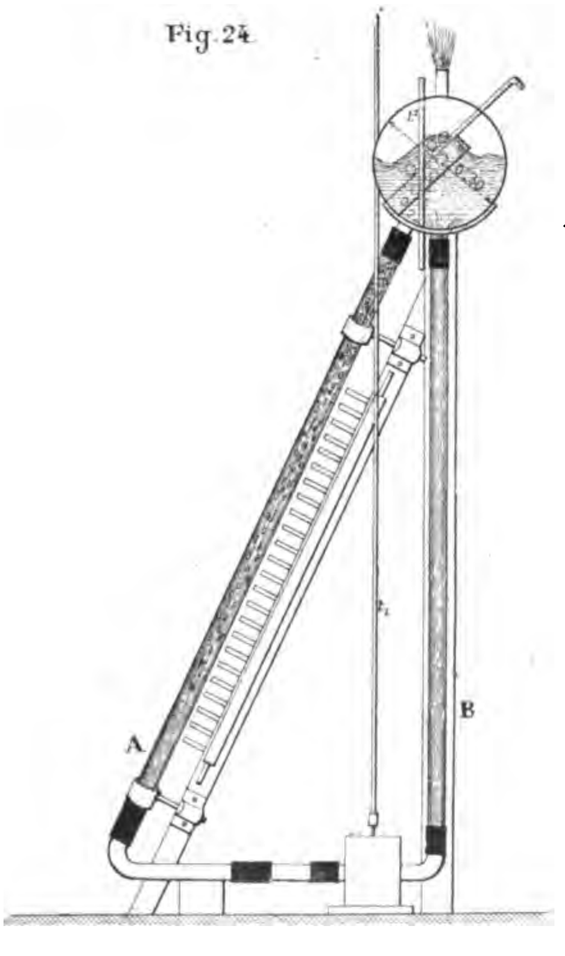
M. J. I. Thornycroft a fait des expériences sur la circulation comparée dans deux chaudières de dimensions analogues, mais dont l'une avait une circulation à cycle non réversible et l'autre une circulation à cycle réversible; il a trouvé un avantage marqué en faveur du cycle non réversible (1).

(1) *The influence of circulation on evaporative efficiency of water tube boilers*, by J. I. Thornycroft, esq., F.R.S. Vice-président. — Institution of Naval Architects, July, 24, 1891.
Water tube steam boilers for marine Engines, by J. I. Thornycroft, esq. — Institution of Civil Engineers, 19 novembre 1889 (voir le volume de 1889-1890).

En alimentant avec de l'eau pure, il a constaté que la circulation était pulsatoire : chaque tube projetait alternativement une colonne d'eau et de la vapeur. Au contraire, en alimentant avec de l'eau saumâtre, la circulation est continue : chaque tube émet constamment une sorte de mousse formée de vapeur et d'eau.

XV. — Expériences de M. Yarrow.

1° M. Yarrow établit un appareil composé d'un réservoir sur lequel est branché un long tube en U en face duquel sont établis des brûleurs Bunsen (*fig.* 24). C'est, au point de vue schématique, exactement la même disposition que celle donnée sur la figure 15, les Bunsen occupant la place des raccords de caoutchouc.



Les expériences de M. Yarrow peuvent être résumées en disant que chacune de ses sources de chaleur se comporte exactement comme une de nos amenées d'air. M. Yarrow comparait entre elles les vitesses de circulation à l'aide d'un appareil enregistreur relié à une hélice montée sur un axe à l'extrémité supérieure du tube de descente; il a également employé une lentille cannelée en équilibre à l'extrémité supérieure du tube de descente et agissant sur un peson très sensible.

2° M. Yarrow a encore fait l'expérience suivante pour montrer que la température des tubes est toujours celle de la masse liquide *(fig. 24)*.

Une tige métallique t_1 est fixée au distributeur inférieur; une autre t_2 au collecteur supérieur. Deux pointes en face l'une de l'autre permettent d'observer toute différence de dilatation entre le tube et la tige t_1.

Avec les plus subites variations de régime, on n'aurait jamais observé le moindre déplacement relatif sensible des deux pointes l'une par rapport à l'autre.

XVI. — Expériences de M. J. Watt (1).

1° M. J. Watt a établi un petit modèle d'une chaudière du type d'Allest chauffé par des becs Bunsen; tout l'appareil peut tourner autour d'un axe horizontal perpendiculaire à l'axe des tubes du faisceau aquitubulaire.

Il trouve que le maximum d'évaporation correspond à une inclinaison de 10° de l'axe des tubes. Avec une inclinaison de 30° on perdrait 15 0/0; avec 60°, 33 0/0, et avec 90°, 40 0/0. Mais il convient de remarquer que la chambre de combustion ne reste point disposée de la même façon dans ces différents cas.

2° A l'aide de rangées d'éléments ne communiquant point entre elles, M. J. Watt a trouvé les chiffres proportionnels suivants pour les différentes rangées :

Première, 60 0/0; deuxième, 24 0/0; troisième, 9,5 0/0; quatrième, 3,5 0/0; cinquième, 1,5 0/0; sixième, 1,0 0/0; septième, 0,5 0/0.

XVII. — Expériences de M. le Professeur W.-H. Watkinson.

Ces expériences sont de beaucoup les plus complètes et les plus scientifiques qui, à notre connaissance, aient été jamais faites sur des modèles de générateurs. Aussi, n'avons-nous pas hésité à nous rendre à Glasgow, où enseigne le professeur Watkinson (2) afin d'assister aux expériences qu'il a eu l'amabilité de recommencer plusieurs fois en notre présence.

Sans doute, les petites dimensions des modèles, et surtout les faibles diamètres des tubes ne permettent point de conclure abso-

(1) *Water Tube Boilers*, by J. Watt, esq. — Institution of Naval Architects, 1896.
(2) Au Glasgow and West of Scotland Technical College.

lument que tout se passe exactement de la même manière dans les tubes de verre du savant professeur et dans les générateurs eux-mêmes : les dimensions absolues des tubes jouent un rôle important. Pourtant, il faut ajouter que les observations ont présenté sensiblement des résultats analogues avec le petit modèle de chaudière Yarrow dont les tubes avaient 9,5 *mm* de diamètre intérieur, et un grand modèle du même système avec un tube en verre de 38 *mm* de diamètre intérieur c'est-à-dire sensiblement supérieur à celui des tubes des générateurs Yarrow eux-mêmes ; de plus le minuscule modèle métallique de M. Thornycroft fonctionne absolument comme le modèle du professeur Watkinson, bien que les tubes du second aient un diamètre très supérieur à celui du premier. Il est donc permis de penser qu'au moins entre certaines limites les phénomènes sont dans les chaudières ce que nous les avons observés dans les modèles.

1° *Modèle de chaudière Belleville* avec clapet de retenue à l'origine du tube inférieur. La circulation n'existe pas au-dessous d'un certain régime de chauffe puis s'opère avec pulsations, saccades, secousses et chocs, surtout au début ; elle est énergique et assez rapide pour qu'il y ait constamment de l'eau dans le collecteur supérieur. La quantité d'eau qui est entraînée pendant un temps donné est considérable. Mais les périodes de pulsations sont parfois assez longues ; il y a des intervalles de temps assez considérables pendant lesquels un tube quelconque, — même le tube inférieur — ne contient qu'une espèce de mousse ou de la vapeur. Il faut donc que les tubes inférieurs du générateur Belleville soient épais. On observe qu'en moyenne les tubes contiennent d'autant moins d'eau qu'ils sont situés à une hauteur plus considérable. On améliorerait certainement la circulation en supprimant quelques-unes des dix rangées de tubes.

Le modèle ne supporte pas une chauffe très intense. La circulation est peu affectée par les variations de niveau ou les brusques introductions d'eau froide.

2° *Modèle de chaudière Niclausse.* — La circulation est continue dès le début de la chauffe ; elle est très régulière, sans être très active, elle est bonne et paraît suffisante pour les chauffes essayées ; elle augmente sensiblement lorsqu'on incline les tubes.

La circulation n'est pas affectée par les brusques introductions d'eau froide, mais se ressent plus des variations de niveau. Le modèle supporte une chauffe assez intense.

3° *Modèle d'élément Babcock.* — La circulation est continue; dès le début elle est faible, même avec une chauffe intense. Il se produit parfois des renversements de sens dans les tubes intermédiaires; les variations de niveau affectent beaucoup la circulation. Le modèle ne supporte qu'une faible chauffe.

4° *Modèle de chaudière Thornycroft du type « Daring ».* — Avec de l'eau propre, la circulation est nulle au-dessous d'un certain minimum de chauffe, malgré l'émission de bulles de vapeur dans le tube chauffé ; puis elle s'établit promptement par pulsations.

Le nombre des pulsations pendant l'unité de temps se règle sur l'intensité de la chauffe qui peut être impunément très intense.

Les variations de niveau ou les brusques introductions d'eau froide n'affectent presque pas la circulation. La seule perturbation observée dans la circulation est qu'elle reste parfois continue pendant quelques secondes ; il y a éjection continue d'une sorte d'émulsion de bulles et d'eau. Ce régime continu s'établit d'une façon permanente si l'on alimente avec de l'eau sale ou légèrement savonneuse.

5° *Modèle de chaudière Yarrow.* — La circulation est continue et très bonne dès le début ; les tubes éloignés du feu servent de retour. Le nombre de tubes servant de retour varie avec le régime de chauffe. Pendant la période de changement un tube contient parfois une assez grande quantité de vapeur qui serait dangereuse pour le tube si celui-ci n'était généralement loin du foyer.

Lorsqu'on force beaucoup la chauffe, on arrive généralement à une circulation pulsatoire irrégulière dans les tubes de montée; il y a parfois rupture. Mais il faut pour cela une chauffe très supérieure à celle des autres modèles, sauf celle du type Thornycroft.

Le modèle est peu sensible aux brusques injections d'eau froide, mais se ressent des variations de niveau.

6° *Modèle Yarrow avec tube de retour extérieur.* — Il y a encore des tubes droits qui servent de retour, mais en moins grand nombre. La limite de rupture paraît sensiblement reculée mais sans pourtant atteindre celle du type Thornycroft.

7° Modèle Yarrow avec tube de retour extérieur et tubes de montée prolongés de façon à dépasser légèrement le niveau de

l'eau dans le collecteur. La circulation s'effectue sensiblement comme dans le modèle Thornycroft.

8° Modèle d'un seul élément Yarrow de grandeur naturelle avec retour de section variable et prolongement amovible du tube de montée jusqu'au dessus du niveau d'eau dans le collecteur.

En mesurant la dépression à l'aide de deux colonnes liquides, on trouve une supériorité — d'ailleurs variable — de circulation, lorsqu'on met le prolongement amovible.

CHAPITRE IV

THÉORIE DE LA CIRCULATION

Essai sur la théorie de la circulation hydro-thermique dans les chaudières aquitubulaires.

I. — Préliminaires.

La théorie de la circulation hydro-thermique est la théorie de la formation des courants qui s'établissent dans un récipient de forme déterminée contenant de l'eau et soumis à l'action de la chaleur de telle façon que des masses égales d'eau placées dans différentes parties de ce récipient reçoivent, pendant l'unité de temps, des nombres différents de calories.

Cette étude, même très incomplète, est des plus complexes et des plus difficiles. Elle comporte en effet l'examen des questions suivantes :

Les pressions dans les différentes parties du récipient;

La direction originelle de la circulation ;

La vitesse des courants;

Les résistances qu'offre le récipient à la circulation ;

L'action que produisent sur l'eau environnante les bulles de vapeur résultant de l'ébullition;

L'effet des bulles sur la formation des courants ;

L'influence des bulles sur les courants déjà formés;

Enfin, les changements de vitesse en grandeur, direction et sens qu'impriment aux courants les variations du régime hydrothermique, c'est-à-dire les variations du nombre de calories que reçoivent pendant l'unité de temps des masses aqueuses égales placées dans des endroits différents du récipient.

De plus, il convient de ne point perdre de vue que la résolution de ces problèmes de mécanique des fluides considérée chacune isolément et en soi, présente les plus grandes difficultés : la théorie pure est des plus compliquées. Quant aux coefficients — dont la connaissance offre le plus souvent une importance capitale — ils ne peuvent être déterminés que par des expériences dont la réalisation, parfois presque impossible, est toujours très délicate et comporte beaucoup de chances d'erreurs graves.

Aussi, malgré le temps passé en études expérimentales et théoriques, l'auteur n'a-t-il point la prétention d'avoir résolu ici toutes ces questions ; il se tiendra pour satisfait si son modeste essai peut jeter quelques clartés sur certains points obscurs, et poser nettement les bases de la théorie de la circulation hydrothermique dans les chaudières aquitubulaires.

Avant de chercher à définir et à formuler les lois qui régissent la formation des courants dans les générateurs, il convient d'indiquer sommairement les considérations de mécanique générale sur lesquelles on a basé les théories et les équations qui seront exposées plus loin.

Tout d'abord, il est évident que la cause initiale du mouvement est sans aucun doute la chaleur qui produit des modifications dans l'état physique des corps sur lesquels s'exerce son action.

Ces modifications se manifestent par des changements d'état et par des varations de poids spécifiques et de pressions.

De ces trois conséquences de l'action de la chaleur sur l'eau, la première — c'est-à-dire le changement d'état — n'intervient pas directement et par soi. Elle n'offre d'intérêt que par sa liaison avec les deux autres ; et son action n'est autre que l'action des deux autres. Ses résultats directs et pour ainsi dire intrinsèques, tels que les variations de fluidité et de viscosité, peuvent modifier dans une certaine mesure l'intensité du phénomène de la circulation, mais n'ont point d'effet direct sur ce phénomène.

Au contraire, les deux dernières conséquences de l'action de la chaleur sur l'eau — c'est-à-dire les variations des poids spécifiques et des pressions — ont par elles-mêmes des effets directs et immédiats sur la circulation de l'eau et de la vapeur : les augmentations et les diminutions des poids spécifiques déterminent des variations dans les forces dues à l'action de la pesanteur ; les élévations et les chutes de pressions ne sont elles-mêmes autre chose que des variations de forces.

Ainsi, en dernière analyse, la chaleur engendre des forces qui

agissent, soit par l'intermédiaire de la pesanteur, soit d'une façon directe : l'étude de la formation et du régime des courants de circulation doit donc se ramener à l'étude de la formation et de la répartition de ces forces considérées en grandeur, direction et sens aux différents points des générateurs aquitubulaires.

Quant à ces forces, elles ont été parfois étudiées statiquement, c'est-à-dire en faisant abstraction des masses sur lesquelles elles agissent, des espaces que parcourent leurs points d'application, et des intervalles de temps nécessaires à les parcourir. Mais le plus souvent elles ont dû être évaluées dynamiquement, c'est-à-dire en tenant compte des masses, du temps et de l'espace. Il semble d'ailleurs presque évident, en soi, que ce genre de calcul doive nécessairement conduire aux notions de quantité de mouvement et de force vive.

Si l'on considère en effet le travail élémentaire que produit une force F pendant un intervalle de temps très petit, et si l'on désigne par dl l'espace parcouru, par γ l'accélération que communique à une masse m la force F au bout de l'unité de temps, l'on aura, abstraction faite de la constante cos. (Fdl), l'identité :

$$\text{Tr. élém. F} = m\gamma dl.$$

Mais $$\gamma = \frac{dv}{dt} \text{ par définition.}$$

Pendant le déplacement élémentaire dl, on peut considérer le mouvement comme uniforme, ce qui donne : $dl = vdt$, et par suite

$$\text{Tr. élém. F} = mvdv.$$

Le travail élémentaire effectué par une force pendant un certain intervalle de temps est égal au produit de la quantité de mouvement (mv) par l'accroissement (dv) de la vitesse.

En intégrant on a pour l'intervalle de temps considéré :

$$\text{Tr}_{t_0}^{t_1} \text{F} = \frac{1}{2} m \, (V_0^2 - V_1^2).$$

C'est l'équation du théorème des forces vives : le travail effectué par une force pendant un intervalle de temps est égal à la moitié de l'accroissement de la force vive (mv^2) pendant l'intervalle de temps considéré.

Ces notions sont d'une extrême simplicité elles paraissent évidemment, devoir guider toute étude où interviennent simultanément les idées fondamentales de temps, d'espace, de force et de masse.

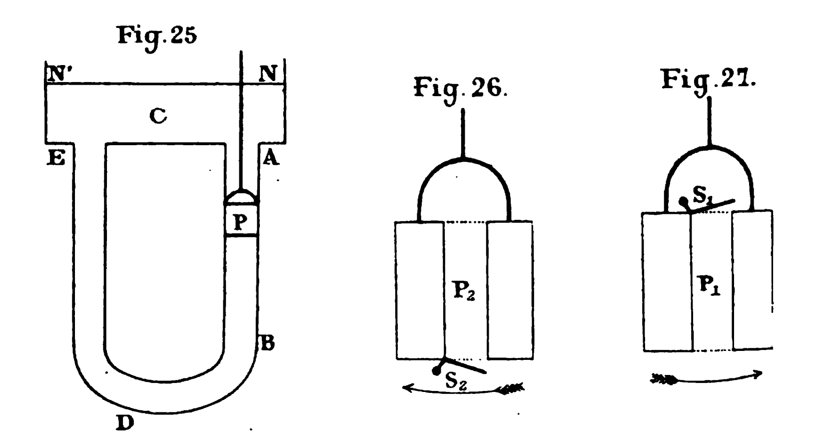
II. — Définition des diverses espèces de circulations et de cycles

La circulation considérée en soi, abstraction faite des causes qui la déterminent, a été prise comme base de la classification théorique des générateurs aquitubulaires que l'on a divisés en deux classes : circulation naturelle et circulation artificielle. Chacune de ces classes comprend elle-même deux catégories : les chaudières dont la circulation constitue un cycle réversible et les chaudières dont la circulation constitue un cycle non réversible.

La circulation sera dite naturelle quand elle s'opérera par suite de la seule action de la chaleur sur la masse chauffée ; elle sera dite artificielle quand elle aura lieu avec l'aide d'une disposition mécanique spéciale et d'ailleurs quelconque.

Voici maintenant ce qu'il faut entendre par cycle réversible et cycle non réversible *(fig. 25, 26 et 27)*.

Soit un vase C contenant de l'eau jusqu'à un niveau NN′ et au

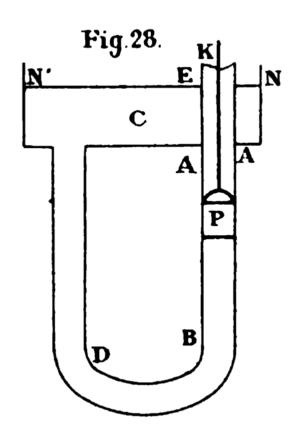


fond duquel viennent déboucher les deux branches d'un tube ABDE. Supposons qu'un piston P, muni d'une soupape équilibrée S, puisse se mouvoir de A en B et de B en A dans la branche droite.

Si la soupape est placée comme l'indique la disposition P_1 S_1 *(fig. 27)*, c'est-à-dire de manière à se fermer lorsque le piston monte, mouvement alternatif imprimé au piston aura pour effet de créer un courant dans le sens contraire à celui des aiguilles d'une

montre. Au contraire avec la disposition P_2 S_2, c'est-à-dire si la soupape équilibrée se ferme quand le piston descend, tout mouvement alternatif du piston déterminera un courant dans le sens des aiguilles d'une montre. La circulation de l'eau change de sens avec le sens de la force qui la détermine ; elle sera définie comme constituant un cycle réversible.

Soit maintenant le même appareil, mais avec un prolongement EK fixé sur le tube AB (*fig. 28*). Avec la disposition P_1 S_1 c'est-à-dire la soupape S_1 se fermant lorsque le piston monte et en supposant que le volume de la portion EK de tube soit inférieur à celui de la portion AB, le courant s'établira encore en sens inverse de celui des aiguilles d'une montre. Mais avec la disposition P_2 S_2 — c'est-à-dire la soupape se fermant lorsque le piston descend — et en supposant le volume AB plus petit que le volume de la portion du vase C comprise entre le niveau NN, et le niveau supérieur K du tube, il n'y aura jamais de courant dans le sens des aiguilles d'une montre.



La circulation se fera dans une seule et unique direction ou ne se fera point ; elle sera définie comme constituant un cycle non réversible.

III. — Importance de la circulation

Il est logique de prendre la circulation comme base de la classification des générateurs aquitubulaires parce que la circulation est la condition nécessaire de l'existence de ce genre d'appareils.

En effet les minces parois des tubes ne peuvent supporter l'action intense du feu que si elles sont en contact avec une eau constamment renouvelée et entraînent les bulles de vapeur très mauvaises conductrice de la chaleur.

En outre, la mise en mouvement de toute la masse liquide facilite le dégagement des bulles ; elle tend à égaliser les températures et à diminuer les différences de dilatation.

De plus, les violentes chasses d'eau dans les tubes rendent difficiles les dépôts de toute nature.

Enfin le renouvellement de l'eau en contact avec les parois

chauffées n'est autre que la convection qui constitue le principal facteur de la transmission de la chaleur.

On peut donc dire que la circulation est l'essence même de la vie de la chaudière aquitubulaire.

IV. — Méthode générale de calcul du travail disponible pour effectuer la circulation

Lorsqu'une masse m de poids spécifique moyen quelconque δ est immergée dans un liquide ayant le poids spécifique quelconque Δ supérieur à celui de la masse, celle-ci tend à monter vers la surface libre du liquide sous l'action d'une force égale à la différence de poids entre la masse et le volume du liquide déplacé.

A moins d'exercer sur la masse une force égale et de sens contraire à cette force, la masse monte tandis que le centre de gravité de tout le système s'abaisse d'une quantité correspondante.

Si le liquide n'offrait aucune résistance, la masse prendrait un mouvement uniformément accéléré dont l'accélération γ se calcule facilement en exprimant la proportionnalité des accélérations aux forces agissant sur une même masse :

$$\gamma = g\frac{\Delta - \delta}{\delta}.$$

Dans ces conditions la masse considérée arriverait à la surface libre avec une vitesse considérable et tout le travail effectué par la descente du centre de gravité Tr serait transformé en force vive.

Mais le liquide offre une grande résistance et la masse prend très rapidement une certaine vitesse uniforme v ; une partie du travail disponible Tr a été absorbée par le travail Trf dû aux frottement et remous :

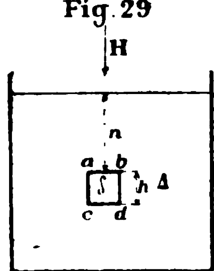
$$Tr = Trf + \frac{1}{2}mv^2.$$

Le travail disponible Tr est toujours le même pour un système considéré, c'est-à-dire pour une masse de volume et de poids spécifique donnée, immergée dans un liquide donné, à une distance donnée au-dessous de la surface libre ; par conséquent Trf et $\frac{1}{2}mv^2$ varient en sens inverse.

Quelles que puissent être les valeurs respectives de ces deux termes, il est facile de montrer qu'une partie du travail total disponible Tr est employée à produire un entraînement de certaines

parties du liquide par rapport aux autres parties, c'est-à-dire à créer des remous ou une certaine circulation.

En effet, soit *h* (*fig.* 29) la hauteur d'une masse *abcd* que nous supposerons être un cylindre droit. Les pressions moyennes qui s'exercent de haut en bas sur les faces *ab* et *cd* ont pour expression :



$$H + h\Delta,$$

et $$H + n\Delta + h\delta.$$

Les pressions moyennes qui s'exercent de bas en haut ont pour expression :

$$H + h\Delta + h\Delta - h\delta,$$

et $$H + n\Delta + h\Delta.$$

On voit que l'excès de pression de bas en haut sur les deux faces de la masse a pour expression la même valeur :

$$h(\Delta - \delta).$$

Ainsi, le liquide presse sur la masse, et la masse presse sur le liquide.

Lorsque la masse se met en mouvement, les molécules liquides situées au-dessous d'elle tendent à la suivre, tandis que la masse pousse devant elle les molécules situées au-dessus. Dès le début, il y a donc un certain entraînement dans le liquide ambiant.

Puis la masse *m* prend un mouvement uniforme au moment où, sur la face supérieure, la pression moyenne de haut en bas égale la pression de bas en haut. Deux effets différents de la même cause initiale — c'est-à-dire du mouvement de la masse dans le liquide — concourent ensemble à ce résultat : la poussée du liquide sous la face inférieure — et, par conséquent, sous la face supérieure — diminue avec la vitesse de montée de la masse ; en même temps, la poussée sur la face supérieure augmente avec cette même vitesse de montée.

La masse arrive donc rapidement à prendre un mouvement uniforme. Enfin, elle atteint la surface ; à ce moment, elle a une certaine force vive qui la fait dépasser plus ou moins la position d'équilibre statique qu'elle finit par prendre après un certain nombre d'oscillations.

Il est très difficile de déterminer et la forme des remous et les chemins que suivent les molécules liquides pendant le déplacement de la masse. En fin de compte, une fois le mouvement uni-

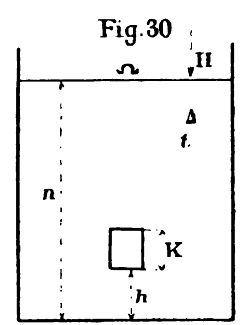
forme établi, il est probable que la plus grande partie des molécules situées au-dessus de la face supérieure, où la pression est maxima, vont le long des faces latérales remplacer les molécules situées au-dessous de la face inférieure, lieu où la pression est minima ; ce remplacement doit s'effectuer au fur et à mesure que les molécules situées au-dessous de la face inférieure tendent à rester en arrière de la masse, par suite de l'action retardatrice croissante qu'elles subissent de la part des molécules voisines qui, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la masse, participent de moins en moins au mouvement initial.

Quoi qu'il en soit, le mouvement de la masse produit d'abord un certain entraînement des molécules voisines, puis des remous. Il change ainsi les positions respectives de toutes les molécules du liquide. En un mot, le travail disponible par suite de l'abaissement du centre de gravité du système considéré est en partie employé à créer une circulation dans le liquide que traverse la masse en mouvement.

Nous chercherons donc une expression de ce travail.

Soit un vase cylindrique droit (*fig. 30*) de section droite Ω où un liquide de poids spécifique Δ à la température zéro occupe une hauteur n à partir du fond ; soit, dans ce liquide, une masse m de même poids spécifique Δ, de capacité calorifique C et occupant un cylindre de section ω et de hauteur K à la température zéro. Soient h la hauteur de la face inférieure de la masse m au-dessus du fond du vase ; H la pression extérieure de l'atmosphère ambiante, supposée elle aussi à la température t; α le coefficient de dilatation cubique de la masse m; g l'accélération due à la pesanteur.

Fig. 30



Supposons que l'on porte à la température $T < t$ la masse m, sans que le liquide s'échauffe.

L'accroissement de volume, que nous supposons s'effectuer uniquement par l'augmentation de hauteur, aura pour expression:

$$\omega K(1 + \alpha T) - \omega K(1 + \alpha t) = \omega K\alpha(T - t),$$

et le niveau montera de (dn).

Le nombre correspondant de calories fournies sera :

$$\omega K \Delta C(T - t).$$

Le travail total effectué aura eu pour effet :

1° D'emmagasiner un nombre de calories $\omega K \Delta C(T - t)$;

2° De faire monter d'une certaine hauteur le centre de gravité de tout le système ;

3° D'effectuer un certain travail dû à la montée dn de la surface libre sur laquelle agit la pression extérieure H. Ce travail a pour expression :

$$P\Omega dn.$$

Lorsque la masse arrive à sa position d'équilibre statique, le seul travail effectué pour élever le centre de gravité du système a été restitué.

En effet, si on laisse la masse revenir à la température t, l'on récupère un nombre de calories égal à $\omega K \Delta C(T - t)$; en même temps, la pression effectue un travail égal à $P\omega K\alpha(T - t)$.

Or, $\Omega dn = \omega K\alpha(T - t)$, puisque la montée dn du niveau résulte de l'augmentation de volume du corps immergé ; il en résulte que la somme des travaux dus à la pression extérieure est nulle.

Si l'on suppose en outre le vase cylindrique entouré d'une enveloppe imperméable à l'air et à la chaleur, le fait d'emprunter à la masse gazeuse qui avait au début la pression H et la température t, un certain nombre de calories employées à faire monter la température de la masse et même celle du liquide, fera nécessairement baisser cette pression H ; mais cette chute de pression disparaîtra lorsque l'ensemble compris dans l'enveloppe imperméable sera revenu à l'équilibre initial de température.

Ainsi, pour avoir l'expression du travail total disponible pour la circulation, il suffit de calculer le travail qu'effectue la pesanteur lorsque le centre de gravité du système descend de la hauteur correspondant à la montée du corps immergé, depuis une certaine position donnée dans le liquide jusqu'à la position d'équilibre statique.

Or, pour un système donné, ce travail dépend uniquement de l'énergie de position ou énergie potentielle qui, n'étant fonction que des seules positions initiale et finale respectives des masses considérées, est indépendante des chemins parcourus et des moyens employés pour la créer. On peut donc choisir, parmi tous ces moyens, celui que l'on considère le plus commode pour obtenir et calculer cette énergie potentielle.

Nous chercherons le travail Tr dû à la pesanteur pour amener

une masse m de poids spécifique δ inférieur au poids spécifique Δ du liquide, depuis la position d'équilibre statique jusqu'à une certaine position dans le liquide; ce travail est égal et contraire à celui qu'effectue la pesanteur lorsque la masse monte depuis la position considérée jusqu'à la surface.

Ce travail est égal au travail Tr_i dépensé pendant l'immersion de la masse jusqu'au ras du liquide et au travail Tr_e dépensé pour enfoncer d'une hauteur e le centre de gravité de la masse après son immersion au ras de l'eau.

$$Tr = Tr_i + Tr_e$$

Or Tr_e est aisé à calculer; il est égal à ω K $(\Delta - \delta)$ e.

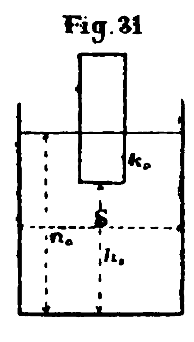
Tout le problème se ramène donc au calcul de Tr_i qui se décompose lui-même en deux : le travail positif que fait la pesanteur et le travail négatif dû à la poussée. Le premier est évidemment égal au poids du corps multiplié par le chemin parcouru; le second est variable, c'est lui qu'il faut évaluer entre les limites considérées.

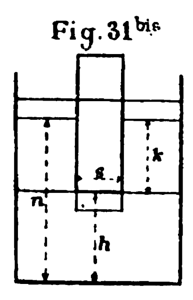
Le même raisonnement est applicable à une masse gazeuse quelconque plongée dans un liquide quelconque, par exemple à de l'air renfermé dans une vessie infiniment légère, extensible et élastique plongée dans de l'eau. Quel que soit le mode employé pour faire augmenter le volume de la vessie — emprunt de calories ou emprunt de masse gazeuse au milieu compris dans l'enveloppe imperméable à l'air et à la chaleur entourant tout le système, dès que la vessie est arrivée à sa position d'équilibre statique, et dès qu'il y a de nouveau équilibre de température, l'énergie potentielle due à la présence de la masse gazeuse immergée est précisément égale et de sens contraire au travail que l'on a fait faire à la pesanteur pour amener cette masse gazeuse depuis la position d'équilibre statique jusqu'à la position considérée.

Le problème général pour une masse solide ou gazeuse est extrêmement compliqué et conduit à des intégrales très difficiles; aussi nous contenterons-nous de traiter rapidement les deux cas suivants. On verra que, malgré leur simplicité relative, ils conduisent à des expressions qui ne sont point simples.

A. — Travail dû à la poussée pour immerger au ras de l'eau un cylindre droit.

Soit δ le poids spécifique du liquide (*fig. 31 et 31 bis*).





Le travail dû à la poussée pour une certaine immersion a pour expression :

$$\int \delta s k dh.$$

$$\left. \begin{aligned} n &= k + h \\ n_o &= k_o + h_o \end{aligned} \right\}$$

D'où : $$n - n_o = (k - k_o) + (h - h_o).$$

En outre : $$(n - n_o)(S - s) = (h_o - h)s.$$

D'où :

$$(k - k_o)(S - s) + (h - h_o)S - (h - h_o)S = (h_o - h)s;$$

$$k - k_o = (h_o - h)\frac{S}{S - s};$$

$$k = k_o + h_o\frac{S}{S - s} - h\frac{S}{S - s}.$$

L'on a ainsi :

$$\int_{h_o}^{h} \delta s k dh = \delta s \int_{h_o}^{h}\left(k_o + h_o\frac{S}{S - s}\right) dh - \delta s \int h \frac{S}{S - s} dh$$

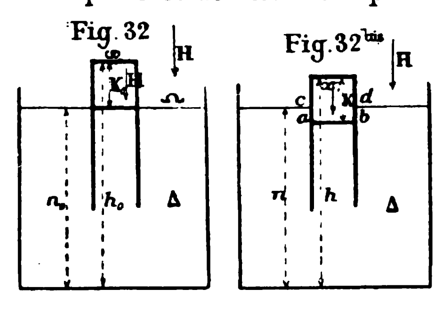
$$= \delta s \left(k_o + h_o\frac{S}{S - s}\right)(h - h_o) - \delta s \frac{S}{S - s}\frac{h^2 - h_o^2}{2}$$

$$= \delta s(h - h_o)\left[k_o + h_o\frac{S}{S - s} - \frac{h + h_o}{2}\frac{S}{S - s}\right]$$

$$= \delta s(h - h_o)\left[k_o + \frac{S}{S - s}\left(\frac{h_o - h}{2}\right)\right].$$

B. — Méthode de calcul du travail dû à la poussée lors de l'immersion jusqu'au ras de l'eau d'une éprouvette cylindrique renversée et contenant du gaz.

Soient n_0 et h_0 (*fig. 32 et 32 bis*) les hauteurs de la surface libre du liquide et du fond de l'éprouvette au-dessus du fond du récipient cylindrique contenant le liquide; soit K_0 la hauteur du fond de l'éprouvette au-dessus de la surface libre du liquide; soient Ω et ω les sections du récipient et de l'éprouvette. Soit H la pression extérieure.



Si l'on enfonce l'éprouvette, soient n_1, h_1 et K_1 les valeurs que prennent n_0, h_0 et K_0; soit x la pression de la masse gazeuse enfermée.

Le travail élémentaire dû à la poussée pendant un déplacement infiniment petit dh est égal, abstraction faite du volume de l'éprouvette, au poids du volume de liquide déplacé multiplié par le déplacement élémentaire :

C'est: $$\omega \,.\, ac \,.\, \Delta \,.\, dh.$$

Or: $$ac = K_1 - (h - n).$$

Le travail élémentaire est donc :

$$\omega\Delta(K_1 - h + n)dh.$$

Le travail total a pour expression :

$$\omega\Delta \int (K_1 - h + n)dh.$$

Or, $K_1 n = K_0 H$, en admettant que les gaz suivent la loi de Mariotte, et $H + n = x + h - K_1$, d'où $x = H + n + K_1 + h$ et $K_1(H + n + K_1 - h) = K_0 H$.

De plus $(\Omega - \omega)n + \omega(h - K) = \Omega n_0$, puisque le volume du liquide ne change pas.

L'on a ainsi deux relations qui permettent d'évaluer $H + n + K - h$ en fonction de h et l'intégrale précédente se ramène à la forme $\int \left(\frac{Ah + B \pm \sqrt{\alpha h^2 + \beta h + c}}{ah^2 + bh + c} \right) dh$ que l'on peut calculer.

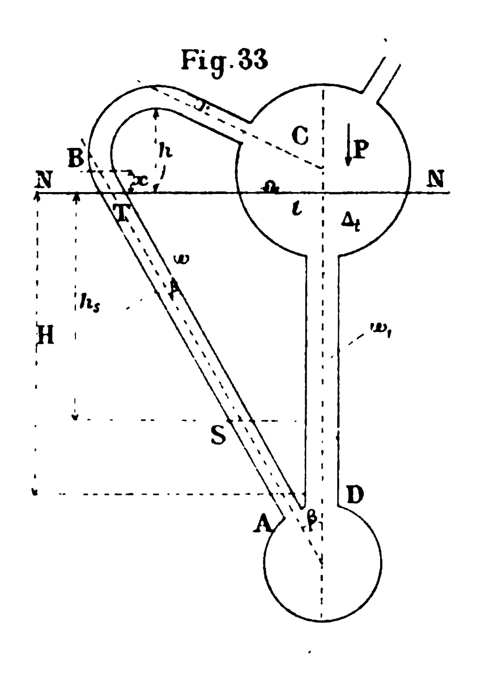
***

Nous chercherons maintenant à faire l'application de ces idées générales à l'étude des cycles non réversibles et des cycles réversibles.

I. — Cycles non réversibles.

Considérons un appareil ABCD (*fig. 33*) figurant un élément Thornycroft.

Soient ω, ω_1 et Ω_c les sections droites du tube AB, du tube D et du collecteur C.



Soient β l'angle que fait le tuyau AB avec la verticale; r le rayon de la section du tuyau AB; P la pression qui s'exerce sur la surface libre NN liquide; h la hauteur au-dessus de ce niveau du point culminant de la paroi inférieure du tube AB. Soient t la température et $\Delta_t = \frac{\Delta_0}{1 + \alpha t}$ le poids spécifique de l'eau contenue dans l'appareil, α désignant le coefficient de dilatation cubique de l'eau.

Supposons qu'en un point S, situé à une distance verticale quelconque h_s au-dessous du niveau NN, l'on fasse agir une source de chaleur S.

1° *La température* t *de l'eau monte à une valeur* T *telle que l'ébullition ne se produise point. Cette température existe depuis la surface libre jusqu'à une distance verticale* H *sensiblement* $>$ h_s *au-dessous de* NN.

Le poids spécifique de l'eau y est $\Delta_T = \frac{\Delta_0}{1 + \alpha T}$.

Le niveau de l'eau dans le tube AB monte d'une certaine hauteur x donnée par la relation suivante, qui exprime l'équilibre des poussées s'exerçant de part et d'autre de la section du tube AB

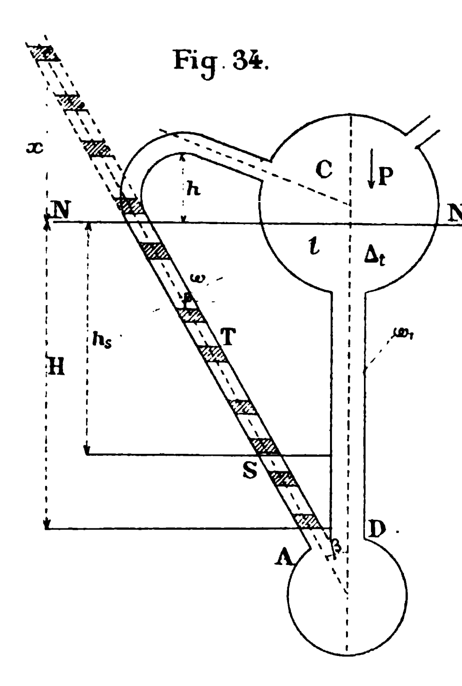
faite par un plan horizontal passant par l'extrémité inférieure de la colonne chauffée :

$$P_a \frac{\omega}{\cos\beta} + \frac{\omega}{\cos\beta}(H + x)\frac{\Delta_0}{1 + \alpha T} = P_a \frac{\omega}{\cos\beta} + \frac{\omega}{\cos\beta} H \frac{\Delta_0}{1 + \alpha t} \quad [1]$$

d'où :
$$x = \frac{H\alpha(T - t)}{1 + \alpha t}. \quad [2]$$

Suivant que x est supérieur ou inférieur à h, la circulation, forcément continue dans le sens ABCD, se produira ou ne se produira point.

Si l'on suppose $x > h$, l'écoulement continu s'effectuera avec une vitesse :



$$v_e = \sqrt{2g(x - h - \varepsilon)} \quad [3]$$

ε représentant la hauteur du centre de pression de la section par laquelle l'écoulement se produit au-dessus du point culminant de la paroi interne inférieure de AB. Le maximum de ε est égal à r.

Le débit continu sera alors :

$$Q_e = K\omega' \sqrt{2g(x - h - \varepsilon)},$$

ω' étant la section par laquelle se fait l'écoulement. Le maximum de ω' est ω, alors que $x \geqslant h + 2r$.

En réalité, il n'existe aucun modèle de chaudière à cycle non réversible fonctionnant ainsi lorsque l'eau contenue dans les tubes AB est portée à une température T, telle que l'ébullition ne se produise point : la hauteur h qu'il faut adopter en pratique, afin de mettre l'orifice inférieur du tube BC franchement au dessus de la surface libre du liquide dans le collecteur C, est toujours très supérieure aux valeurs de x, avec les appareils actuels tout au moins (*) *(fig. 34)*.

(*) Il est évident que ces équations peuvent être établies en partant d'un plan horizontal autre que celui qui a été choisi.

2° *L'application de la source de chaleur* S *a pour effet de porter l'eau dans le tube* AB *à une température* T, *telle que l'ébullition ne produise que des bulles de vapeur occupant toute la surface* ω *du tube* AB.

Prolongeons, par la pensée, le tube AB en ligne droite d'une longueur quelconque et faisons-le déboucher dans un récipient quelconque où existe la même pression P que dans le collecteur C.

Soit δ_T le poids spécifique de la vapeur à T. La colonne, composée de cylindres d'eau et de vapeur, s'élèvera à une hauteur x au-dessus du niveau NN.

Soient n_e et n_v les fractions complémentaires qui expriment les hauteurs proportionnelles d'eau et de vapeur dans l'unité de longueur du tube AB.

Pour évaluer la hauteur x, nous exprimerons encore l'équilibre des poussées de part et d'autre de la section faite par un plan horizontal à l'extrémité inférieure de la colonne chauffée :

$$P\frac{\omega}{\cos\beta} + n_e(H + x)\frac{\omega}{\cos\beta}\frac{\Delta_0}{1+\alpha T} + n_v(H+x)\frac{\omega}{\cos\beta}\frac{\delta_0}{1+\beta T}$$

$$= P\frac{\omega}{\cos\beta} + H\frac{\omega}{\cos\beta}\frac{\Delta_0}{1+\alpha t};$$

$$x = \frac{H\dfrac{\Delta_0}{1+\alpha t} - n_e H\dfrac{\Delta_0}{1+\alpha T} - n_v H\dfrac{\delta_0}{1+\beta T}}{n_e\dfrac{\Delta_0}{1+\alpha T} + n_v\dfrac{\delta_0}{1+\beta T}}.$$

En pratique, les termes n_v sont négligeables; il vient alors :

$$x = \frac{H\left[1+\alpha T - n_e(1+\alpha t)\right]}{n_e(1+\alpha t)},$$

équation qui montre que la valeur de x croît très vite lorsque n_e diminue, c'est-à-dire lorsque la proportion de l'eau à la vapeur augmente.

Pour toute valeur de $x > h$, l'écoulement s'effectuera avec une vitesse :

$$v_e = \sqrt{2g(x - h - \varepsilon)},$$

ε étant généralement égal à r.

Le débit sera alors :

$$Q_e = K\omega'\sqrt{2g(x - h - \varepsilon)},$$

ω' étant généralement égal à ω, car il arrive le plus souvent que $x \geqslant h + 2r$.

En réalité, presque toutes les chaudières à cycle non réversible peuvent fonctionner ainsi, c'est-à-dire avec une circulation continue; si elles ne le font que rarement, c'est parce qu'il n'y a, pour ainsi dire, aucune transition entre la période où l'ébullition n'existe pas encore et l'instant où elle s'effectue avec une intensité telle que les bulles occupant toute la section du tube AB, augmentent énormément de volume pendant un espace de temps extrêmement court, et produisent ainsi la circulation pulsatoire que nous allons étudier.

3° L'effet de la source S est de produire des bulles de vapeur ne bouchant point complètement le tube.

Il semble au premier abord que l'on puisse, comme dans le cas précédent, calculer la hauteur x à laquelle s'élève la colonne chauffée en exprimant simplement l'équilibre des poids des colonnes portées à des températures différentes : dans ces conditions en désignant par δ_T le poids spécifique moyen du mélange d'eau et de vapeur, on a une relation de la forme :

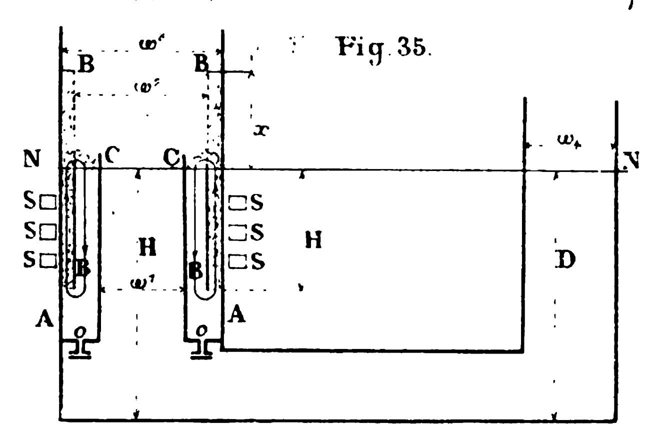
$$(H + x)\,\delta_T = H\Delta_t \text{ d'où } x = \frac{H\,(\Delta_t - \delta_T)}{\delta_T}$$

L'expérience montre qu'il n'en est point ainsi : on constate qu'une dénivellation sensible dans la branche chauffée du tube suppose l'existence, soit d'une certaine relation entre la section du tube et la section des bulles, soit plus généralement un certain état de division de la vapeur et de l'eau. La valeur donnée par la relation précédente semble n'être qu'une limite supérieure vers laquelle tend la dénivellation observée lorsque l'on a dans le tube chauffé une sorte d'émulsion d'eau et de vapeur assimilable à un liquide homogène, c'est-à-dire un mélange intime où la vapeur est divisée en une infinité de très petites bulles. Cette émulsion peut d'ailleurs se produire, soit sous l'action d'une cause extérieure — telle que l'alimentation à l'eau saumâtre — soit simplement par suite d'un certain régime d'ébullition pour un tube donné.

Au contraire, on constate souvent que l'on peut provoquer une ébullition énergique dans l'une des branches d'un tube en U, sans pourtant créer une dénivellation sensible entre les deux branches.

On peut à titre de simple indication générale imaginer un dis-

positif donnant une idée approchée de ce qui peut se passer dans un tube chauffé (*fig. 35*).



Soit un tube en U dont les deux branches A et D sont de forts diamètres.

Dans le tube AA plaçons une cloison annulaire BB laissant libre la section annulaire entre ses parois et celles de AA.

Disposons ensuite une cloison annulaire CC dépassant un peu le niveau NN du liquide et communiquant avec le liquide du tube en U à l'aide de petits orifices OO disposés de façon à briser l'effet de tout remous.

Chauffons extérieurement sur une hauteur H le tube AA à l'aide d'une série de couronnes de becs de gaz.

Avec une certaine eau et une certaine section $\omega_3 - \omega_2$ de la colonne chauffée, on peut avoir dans l'espace annulaire extérieur un mélange assimilable à un liquide homogène de poids spécifique δ_T. Alors :

$$x = \frac{H(\Delta_t - \delta_T)}{\delta_T}$$

L'accroissement de volume correspondant est $(\omega_3 - \omega_2)\,x$; en le supposant réparti sur la section ω_3, le niveau du liquide y aurait monté d'une hauteur :

$$\frac{(\omega_3 - \omega_2)x}{\omega_3}$$

Si l'on supprime la partie de la cloison BB au-dessus du niveau NN du liquide, le mélange d'eau et de vapeur se déversera suivant une certaine volute dans l'espace annulaire compris entre les cloisons BB et CC; il en résultera dans la colonne chauffée

une augmentation de volume très inférieure à celle qui vient d'être calculée et il s'établira une rapide circulation dans le sens indiqué par les flèches ; enfin, dans l'espace annulaire CA, toute variation de pression affectera également les niveaux dans les deux branches du tube en U.

En définitive, il faut considérer les deux cas extrêmes que nous venons d'indiquer — le liquide homogène et l'appareil à cloison — comme les limites extrêmes de ce qui se passe dans la réalité.

On peut écrire : $x = K_1 \frac{H(\Delta_t - \delta_T)}{\delta_T}$

à condition de remarquer que K_1 compris entre 0 et 1 est une certaine fonction inconnue φ de l'eau (e), de l'intensité (I) de la chauffe, de la section (ω) des tubes, de la longueur (l) du tube chauffé, de l'angle β que fait l'axe du tube avec la verticale et de la nature n de ses parois :

$$K_1 = \varphi_1(e, I, \omega, l, \beta, n).$$

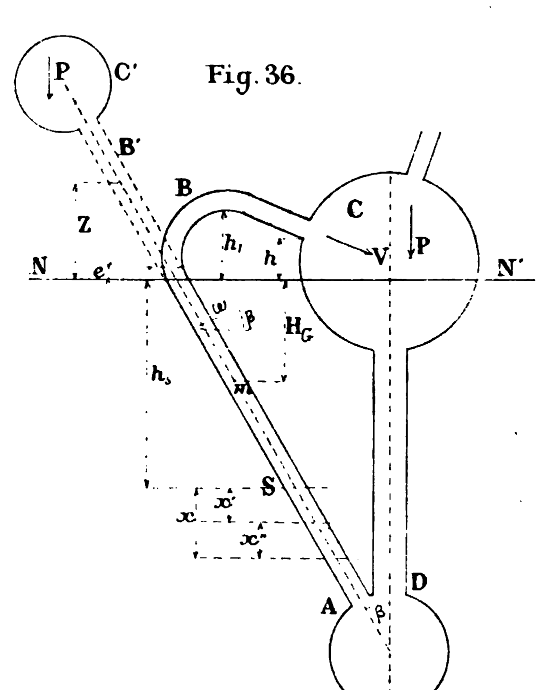


Fig. 36.

Nous n'avons nullement la prétention de déterminer, même approximativement, cette fonction complexe.

Nous nous contenterons d'avoir mis en lumière son existence.

4° L'effet de la chauffe produit à la fois de petites bulles et de grosses bulles qui bouchent entièrement le tube sans augmenter sensiblement de volume pendant l'intervalle de temps considéré.

Les calculs se font alors exactement comme dans le cas n° 2, en remplaçant le poids spécifique des petits cylindres d'eau par les poids spécifiques moyens des mélanges d'eau et de vapeur.

La source S de chaleur *(fig. 36)* produit d'abord des bulles

n'occupant point toute la section du tube AB porté à la température T et fait monter le niveau du tube AB à une certaine hauteur *e* au-dessus du niveau NN′ dans le collecteur C ; puis elle crée brusquement une grosse bulle de vapeur qui bouche tout à fait le tube chauffé, divise ainsi en deux colonnes distinctes l'eau contenue dans le tube ; prend un grand accroissement de volume pendant un espace de temps très court et chasse dans le collecteur C un mélange d'eau et de vapeur, tandis qu'elle refoule dans le distributeur et dans le collecteur une certaine quantité d'eau à la température *t*. Enfin, l'eau revient dans le tube où elle remonte à un certain niveau.

Et la même succession de phénomènes recommence indéfiniment : c'est la marche régulière du cycle non réversible.

Soit M la masse de la colonne supérieure constituée d'un mélange d'eau et de vapeur ; soit V la vitesse de cette colonne au moment où elle débouche dans le collecteur ; soient H_G et h_S les profondeurs au-dessous du niveau NN′ auxquelles sont respectivement le centre gravité de la masse *m* et de la source de chaleur S. soient h_1 et h les hauteurs de la paroi interne inférieure du tube AB au-dessus du niveau NN′ au point culminant et au débouché dans le collecteur ; soit *r* le rayon du tube AB ; soit P la pression qui s'exerce sur NN′ dans le collecteur C et F l'excès de pression de la grosse bulle sur le liquide ambiant.

Nous supposerons que la grosse bulle se constitue en face de la source S et nous diviserons le cycle non réversible complet en cinq périodes.

La première est celle qui s'écoule depuis la formation de la grosse bulle jusqu'au moment où l'extrémité arrière ou inférieure de la masse *m* débouche avec la vitesse V dans le collecteur C. A ce moment, la force F disparaît. L'extrémité supérieure de la colonne inférieure se trouve à une certaine profondeur x' au-dessous du niveau de S.

La deuxième période est celle qui s'écoule ensuite jusqu'au moment où est absorbée toute la force vive qui se trouvait emmagasinée dans la colonne inférieure à la fin de la première période ; alors, l'extrémité supérieure de la colonne inférieure a encore baissé de x'' et se trouve à une distance x au-dessous du niveau de S.

La troisième période dure depuis la fin de la précédente jusqu'au moment où l'eau qui rentre dans le tube atteint son niveau initial.

La quatrième période commence ensuite jusqu'au moment où la force vive que possédait le système à la fin de la période précédente est complètement transformée en travail.

La cinquième période dure depuis la fin de la précédente jusqu'au moment où, après quelques oscillations, le système revient à la position initiale.

Nous appliquerons le théorème du travail et des forces vives pendant la deuxième et la troisième période.

Soient Trf_1 et Trf_2 les travaux dus aux frottements et aux changements de direction et de sens pour les déplacements correspondants de la colonne supérieure et de la colonne inférieure; Trc_1 et Trc_2 les travaux de compression des bulles de vapeur dans les deux colonnes sous l'excès de pression F; m_1 la masse du mélange d'eau et de vapeur occupant la hauteur x.

Nous négligerons le travail de compression du fluide au-dessus de NN′ dans le collecteur, les hauteurs dont monte le niveau NN′ dans le collecteur pendant la première et la deuxième période, ainsi que la hauteur due à l'eau contenue dans la masse m et qui vient élever le niveau NN′ à la fin de la première période.

L'on a ainsi, comme expression du travail TrF effectué par l'excès de pression F, la relation suivante :

$$TrF = \frac{1}{2} MV^2 + Trc_1 + Trc_2 + Trf_1 + Trf_2 + Mg(H_G + h) + m_1 g\left(\frac{x}{2} + h_1\right) \quad [4]$$

A ce moment, le système possède une certaine énergie potentielle Ep, qui se transforme en travail pendant la quatrième et la cinquième période.

Soient m_2 et m_3 les masses qui viennent occuper dans le tube AB les espaces ayant respectivement x et (h_1+e) comme hauteur Trf_2' et Trf_2'' les travaux dus aux frottements et aux changements de direction et de sens correspondant aux montées x et (h_1+e) du niveau dans le tube AB.

Nous supposerons le tube AB prolongé en droite ligne jusqu'à un autre collecteur C′ où existe la même pression P que dans le collecteur C.

Soit m_4 la masse qui vient emplir ce tube imaginaire jusqu'à une hauteur Z au-dessus du niveau NN′ à la fin de la quatrième période, alors que tout le système passe par sa position d'équilibre; soit Trf_1 le travail dû au frottement, changement de direction et de sens pour la montée Z de la surface du liquide.

Nous négligerons les variations de niveau dans le collecteur C et le travail de compression du fluide en C′.

Il vient alors pour la troisième et la quatrième période :

$$m_2 g\left(h_1+\frac{x}{2}\right)+m_3 g\frac{h_1}{2}=\mathrm{T}rf_2'+\mathrm{T}rf_2''+\mathrm{T}rf_1'+m_4 g\frac{z}{2}. \quad [5]$$

L'équation [4] montre que le seul travail utilisé à produire la circulation a pour expression $M_g(H_G+h)$.

Il faut ajouter éventuellement à ce terme une certaine addition $Km_4 g\frac{z}{2}$ avec un coefficient K compris entre 0 et 1. En effet, il se peut qu'il y ait un déversement dans le collecteur par suite de la montée effectuée par l'eau dans le tube AB pendant la quatrième période.

En réalité, le cycle non réversible semble bien présenter la physionomie que nous venons de décrire, parce que la tête de la colonne inférieure se vaporise très vite au moment où elle rentre dans le tube.

Mais si l'on suppose que la grosse bulle se forme de nouveau pendant la quatrième période, les équations du cycle changent complètement.

Soit v_0 la vitesse que possède la colonne comprise dans le tube AB au moment où le niveau dans le tube AB est à une hauteur e au-dessus de NN' ; soit m_5 la masse qui, dans le tube AB, a pour hauteur e.

Il vient :

$$m_2 g\left(h_1+\frac{x}{2}\right)+m_3 g\frac{h_1}{2}=\mathrm{T}rf_2'+\mathrm{T}rf_2''+m_5 g\frac{e}{2}+\frac{1}{2}(m_2+m_3+m_5)v_0^2, \quad [5\,bis]$$

Et l'équation [4] devient :

$$\mathrm{T}r\mathrm{F}=\frac{1}{2}\mathrm{M}(\mathrm{V}^2-v_0^2)+\mathrm{T}rc_1+\mathrm{T}rc_2+\mathrm{T}rf_1+\mathrm{T}rf_2+\mathrm{M}g(\mathrm{H}_G+h)$$
$$+m_1 g\left(\frac{x}{2}+h_1\right). \quad [4\,bis]$$

Ce qui montre que, toutes choses égales d'ailleurs, le rendement du travail TrF augmente. En outre, le refoulement de la colonne arrière diminue. Au contraire, ce rendement diminuerait, tandis que le refoulement augmenterait si la grosse bulle se formait pendant une oscillation descendante durant la cinquième période du cycle primitif.

Ainsi, le rendement du travail dépend du système des pulsations.

Mais, d'un autre côté, il y a toujours avantage à rendre v_0 aussi grand que possible, afin de diminuer autant que faire se peut l'intervalle de temps pendant lequel le tube ne contient point d'eau, au-dessus du niveau où s'est formée la grosse bulle.

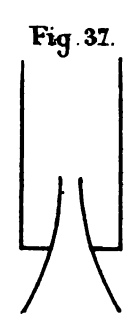
Il est évident que l'on améliorerait sensiblement le rendement du travail dépensé pour produire la circulation en disposant à la base de chaque tube chauffé un clapet équilibré s'ouvrant seulement dans le sens de la circulation.

En effet, tous les travaux dus au refoulement de la colonne arrière étant alors nuls, l'équation [4] deviendrait

$$TrF = \frac{1}{2} M (V^2 - v_0^2) + TrC_1 + TrC_2 + Trf_1 + Mg(H_G + h) \quad [4 \textit{ ter}]$$

Mais de tels dispositifs sont fort difficiles à installer, surtout avec des tubes petits et nombreux. Peut-être pourrait-on les remplacer par des ajutages convergeant dans le sens de la circulation (*fig. 37*).

Fig. 37.



La « tuyère » de M. Solignac — voir expériences — peut, dans certains cas, être justifiée par des considérations de même ordre. Si l'on suppose l'excès de la pression F sensiblement constant et que l'on désigne par l_1 et l_2 les chemins parcourus pendant la première période du cycle par l'extrémité inférieure de la colonne supérieure et par l'extrémité supérieure de la colonne inférieure, l'on aura :

$$TrF = \omega l_1 F + \omega l_2 F \quad [6]$$

Il y a donc un intérêt certain à diminuer l_2. Par contre, la « tuyère » a l'inconvénient grave de retarder la rentrée de l'eau et de faire perdre le bénéfice éventuel dû à v_0. Pourtant, il faut remarquer que la diminution de la vitesse de rentrée peut être proportionnellement moindre que celle de l_2 parce que le coefficient de contraction sous la charge d'eau produisant la rentrée peut être inférieur à celui qui correspond à l'excès de pression F produisant la sortie. En définitive, il est probable qu'il y a un léger gain lorsque F est très considérable, ce qui arrive forcément lorsque la somme des travaux dus aux résistances de toute nature est très grande dans la partie supérieure du tube chauffé.

Dans un cas analogue, la « tuyère » peut assurer une circulation qui n'aurait point lieu sans elle.

En effet, la condition nécessaire et suffisante de l'existence de

la circulation est que la grosse bulle de vapeur ne s'échappe point dans le distributeur D, de façon à diminuer F dans des proportions telles que le refoulement de la colonne supérieure dans le collecteur ne se produise pas et que cette colonne supérieure retombe vers la source de chaleur.

Par conséquent, si l'on augmente la somme des travaux dus au refoulement de la colonne arrière pour un déplacement et une vitesse donnés, on peut ainsi, sans chasser complètement dans le collecteur la colonne inférieure, obtenir un excès de pression F assez grand pour effectuer, en déplaçant la colonne supérieure, un travail plus grand que la somme des travaux résistants correspondants.

Mais un pareil artifice paraît inutile avec les générateurs où la somme des travaux résistants est faible dans les tubes chauffés. Alors, au delà d'une certaine limite, il est même franchement nuisible, parce qu'il retarde trop la rentrée de l'eau.

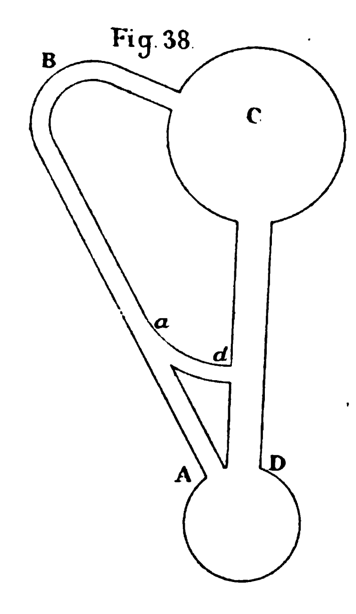
Enfin, il y a un autre élément qui tend heureusement à diminuer le refoulement de la colonne arrière : ce sont les travaux dus à la compression des véritables ressorts constitués par les petites bulles en suspension dans l'eau du tube AB.

De deux choses l'une, ou bien l'on considère ces bulles comme remplies de vapeurs saturées ou, au contraire, comme contenant des gaz parfaits. Avec la première hypothèse, la compression produit dans les deux colonnes supérieure et inférieure une certaine élévation de température due au dégagement de la chaleur latente de vaporisation; de plus, elle retarde un peu l'expulsion de la colonne supérieure, tandis qu'elle diminue beaucoup plus le refoulement de la colonne arrière qui est beaucoup plus pesante. Avec la seconde hypothèse, les effets analogues assimilables à ceux de ressorts se font sentir comme précédemment. Quant à la compression des bulles, elle produit une certaine élévation de pression dans le collecteur lorsque la colonne supérieure y est projetée et elle cause un brusque allongement et une soudaine diminution de poids spécifique moyen de la colonne inférieure au moment où l'excès de pression F devient nul et que les bulles prennent en un instant un énorme accroissement de volume.

L'action de ces ressorts d'eau et de vapeur est donc capitale sur la circulation des cycles non réversibles; elle explique le faible refoulement de la colonne arrière observable dans le modèle Thornycroft; elle explique probablement aussi la circulation constatée dans le modèle Belleville.

CYCLES NON RÉVERSIBLES. — COURTS CIRCUITS.

Soit un élement Thornycroft dans lequel le tube de descente CD communique avec le tube de montée AB par un tube *da*, tel que le cycle *abcd* présente à l'eau une résistance sensiblement moindre que celle du cycle ABCD (*fig. 38*).



Nous dirons que *da* constitue un court circuit.

Cette disposition peut être dangereuse pour la circulation : les grosses bulles formant piston dans AB auront une influence perturbatrice sur *da* : elles pourront, suivant leur pression, tendre à entraîner dans le sens du cycle ABCD, ou à refouler en sens contraire, la masse contenue dans *da*.

Après que la grosse bulle formant piston aura été mise en communication avec le collecteur C, les rentrées d'eau par *da* et par AB pourront se gêner mutuellement au point *a* où leur rencontre fera des remous, voire même un arrêt ou un changement dans l'une des colonnes fluides en mouvement. Il en résultera un risque sérieux de formation de poche de vapeur ou d'insuffisant renouvellement d'eau pendant un temps plus ou moins long.

Cette disposition vicieuse doit donc être évitée.

II. — Cycles réversibles.

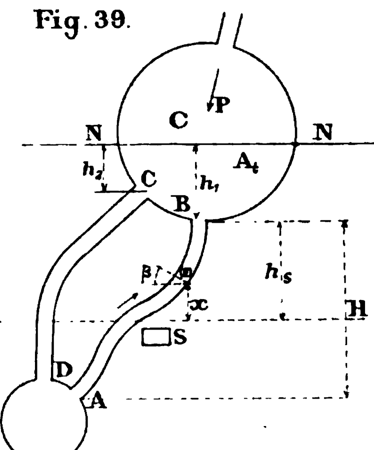
Soit un cycle réversible à une température t, soit P la pression dans le collecteur C sur la face libre NN (*fig. 39*).

Faisons agir une source de chaleur S sur le tube AB.

Soient h_s la profondeur de la source de chaleur et de l'extrémité inférieure de la colonne portée à la température $T < t$ au-dessous de l'extrémité supérieure B du tube chauffé; h_1 et h_2 les profondeurs du centre des débouchés B et C des tubes AB et CD au-dessous de NN.

Soit H la différence de niveau de A et de B.

1° *L'effet de la source de chaleur est de porter la colonne* SB *à la température* T > t *sans provoquer l'ébullition.*



Pour un point situé à une hauteur x au-dessus du point S, estimons la pression qui tend à faire monter et la pression qui tend à faire descendre la section horizontale. Soit β l'angle de cette section horizontale avec la section droite.

La pression, par unité de surface, qui tend à faire monter la section horizontale, est :

$$P + \Delta_t(h_1 + H) - \Delta_t(H - h_s) - \Delta_T x.$$

La pression, qui tend à faire descendre la section horizontale, est :

$$P + h_1\Delta_t + (h_s - x)\Delta_T.$$

La différence est égale à la pression motrice :

$$\Delta_t(h_1 + H) - \Delta_t(H - h_s) - \Delta_T x - h_1\Delta_t + (x - h_s)\Delta_T = F_M,$$

d'où
$$h_s(\Delta_t - \Delta_T) = F_M. \quad [1]$$

On voit, tout d'abord, que la pression n'étant point fonction de x, ne dépend nullement du plan horizontal considéré.

Si h_s est constant, F_M varie comme la différence de poids spécifique existant entre la colonne descendante et la colonne montante.

Si cette différence est donnée, F_M varie comme la hauteur de la colonne chauffée; la pression motrice varie de O à $H(\Delta_t - \Delta_T)$ lorsque la source S se déplace de B en A.

Le simple examen de la figure montre qu'une fois le courant établi, on ne change point la valeur de F_M si l'on fait agir la source de chaleur sur la colonne descendante et au même niveau.

Enfin, le courant change de sens si h_s devient < O, c'est-à-dire si la source S agit entre les niveaux h_2 et h_1.

2° *La source de chaleur a pour effet de créer sur une certaine fraction* $n_e h_s$ *de la colonne portée à la température* T, *une certaine quantité de bulles de vapeur occupant toute la section du tube et n'augmentant*

pas sensiblement le volume; la fraction $n_v h_s$ *complémentaire de la précédente, exprime la hauteur du tube où se trouve de l'eau sans vapeur.*

Le raisonnement, les calculs et la discussion faits pour le cas précédent sont rigoureusement applicables, à condition, dans le cas où une source agirait sur la colonne descendante, de négliger l'effet de la bulle dans le collecteur C effet d'ailleurs, sensiblement nul, comme nous le montrerons au paragraphe 4.

Il convient seulement de remarquer que le terme $h_s \Delta_T$ doit subir une correction.

Soit δ_T le poids spécifique de la vapeur d'eau à T, il faut remplacer $h_s \Delta_T$ par $(n_e h_s \Delta_T + n_v h_s \delta_T)$

ce qui donne $$h_s \left[\Delta_T' - (n_e \Delta_T + n_v \delta_T)\right] = F_M. \qquad [2]$$

De plus, si une source de chaleur agit sur la colonne descendante, il faut supposer les tubes de montée et de descente comparables à tous égards, sans quoi, comme nous le montrerons au paragraphe 4, l'effet produit par les bulles sur les deux colonnes pourrait n'être point du tout le même.

Enfin, après avoir déterminé la circulation, si l'on fait agir une source de chaleur sur la colonne descendante, il faut que la vitesse de circulation dans cette branche soit plus grande que la vitesse ascensionnelle qu'auraient les bulles en eau calme; avec l'hypothèse contraire, les bulles n'auraient aucune action sur la colonne montante, tandis qu'elles remonteraient la colonne descendante dont elles retarderaient continuellement le mouvement. Il faudrait, de ce chef, faire intervenir un terme correctif.

La circulation est naturellement continue; mais chaque fois qu'une des grosses bulles formant piston arrive dans le collecteur, il y a un léger à-coup provenant de la brusque rentrée d'une certaine quantité d'eau froide.

3° *La source de chaleur a pour effet de créer, sur une certaine fraction* $n_v h_s$ *de la colonne portée à la température* T, *une certaine quantité de bulles de vapeur occupant toute la section du tube et n'augmentant point sensiblement de volume. La fraction* $n_m h_s$ *complémentaire de la précédente, exprime la hauteur du tube où se trouve un mélange d'eau et de vapeur.*

Soit δ_T le poids spécifique de la vapeur d'eau à T. Soient $n'_v h_s$ et $n'_e h_s$ les fractions complémentaires de $n_m h_s$ qui représentent respectivement les hauteurs qu'occuperaient l'eau et la vapeur si elles étaient séparées.

On peut encore appliquer un raisonnement, des calculs, et une discussion identiques, en faisant les mêmes restrictions que dans le cas précédent.

Il faut seulement remplacer dans la formule [2] le terme :

$$(n_e h_s \Delta_T + n_v h_s \delta_T)$$

par le terme :

$$(n_e h_s \Delta_T + n_v h_s \delta_T + n'_v h_s \delta_T).$$

Il vient alors :

$$h_s \left[\Delta_t - n_e \Delta_T - (n_v + n'_v)\delta_T\right] = F_M. \qquad [3]$$

4° La source de chaleur a pour effet de créer, dans la colonne portée à la température T, *une certaine quantité de bulles n'occupant point toute la section.*

Alors, comme pour le cycle non réversible, il est impossible de donner une valeur rigoureusement exacte de F_M.

Considérons, en effet, dans un appareil à cycle réversible, une colonne ABCD *(fig. 40)* de section constante continue, solide et flexible.

Le système est en repos.

Supposons qu'une certaine hauteur h de cette colonne vienne à être occupée par une bulle de vapeur de poids spécifique δ_T.

La force motrice qui tendra à mettre la colonne en mouvement sera $\omega h(\Delta_t - \delta_T)$ et la pression motrice sera $F_M = h(\Delta_T - \delta_T)$.

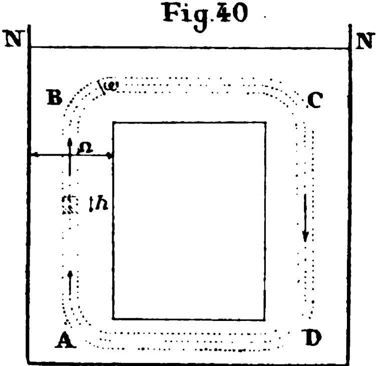


Fig. 40

Par conséquent, dans ces conditions, la bulle tend à produire sur le centre de gravité du tube CD et, par suite, sur l'ensemble du cycle réversible, exactement le même effet que si elle occupait un tube de même diamètre.

Cette hypothèse revient purement et simplement à supposer que tout le remplacement du liquide, au fur et à mesure que monte la bulle, se fait exclusivement en CDA. Au contraire, si l'on rend ce remplacement suivant CDA très difficile, par exemple, en créant des résistances additionnelles en AD, le remplacement se fera exclusivement ou presque exclusivement par le liquide de B, et l'action motrice qu'exercera la bulle sur le cycle réver-

sible sera sensiblement nulle : il ne saurait y avoir de variation, l'énergie potentielle qu'a créée le travail d'expansion de la bulle. c'est-à-dire le travail de soulèvement du centre de gravité du système ne peut point varier; mais ce qui varie beaucoup, c'est le rendement du travail effectué par la transformation de cette énergie potentielle.

D'une façon générale, la force motrice est de la forme :

$$F_M = K_2 h_s \left[\Delta_t - (n_e \Delta_T + n_v \delta_T)\right]. \quad [4]$$

Dans cette équation, les fractions complémentaires $n_e h_s$ et $n_v h_s$ représentent les hauteurs des cylindres d'eau et de vapeur supposés occupant toute la section et ayant respectivement des volumes égaux à l'eau et à la vapeur que contient ce tube.

Quant au coefficient K_2, l'expérience et le raisonnement indiquent qu'il est représenté par une fonction φ_1 extrêmement complexe :

$$K_2 = \varphi_2(\omega, h_s, \beta, I, r_1 r_2, \omega', \Sigma_v)$$

où les lettres entre parenthèses représentent successivement la section et la hauteur chauffée du tube; l'angle que fait le tube avec la verticale; l'intensité de la chauffe; les pertes de charge dans le tube chauffé et dans le reste du cycle; la section et la somme du volume des bulles.

Comme pour le cycle non réversible, nous ne tenterons point de déterminer cette fonction φ_2 et nous nous contenterons de signaler son existence.

Ce coefficient K_2 peut varier de 0 à 1, valeur maximum qu'il atteint lorsque quelques-unes des bulles occupent toute la section du tube, ou encore si le tube chauffé contient une sorte d'émulsion homogène composée d'un nombre très grand de très petites bulles.

5° *La source de chaleur, entre autres effets, provoque la création d'une bulle qui occupe toute la section et augmente sensiblement de volume pendant son trajet en* AB.

On peut admettre que l'accroissement de volume se produit exclusivement du côté où la bulle supporte la moindre pression, c'est-à-dire vers la colonne supérieure. Dans ces conditions, le mouvement de la partie de la colonne chauffée située au-dessous de la bulle n'est changé en rien : tout le travail dû à l'augmentation de volume se traduit par un accroissement de vitesse et

de force vive de la partie de la colonne chauffée située au-dessus de la bulle.

6° *La source de chaleur produit, entre autres effets, une bulle qui occupe toute la section et augmente énormément de volume pendant le trajet* AB.

On ne peut plus admettre que toute l'augmentation de volume se produise de bas en haut. Le brusque accroissement de pression agit dans les deux sens.

Cet accroissement de pression se fait sentir sur les bulles voisines par l'intermédiaire du liquide qui les entoure.

Si l'on considère ces bulles comme occupées par des vapeurs saturées, le travail de la compression qu'elles subissent cause une diminution de volume, la condensation d'une partie de leur vapeur et le dégagement correspondant de la chaleur de vaporisation, au profit du liquide ambiant.

Si l'on admet que ces bulles sont constituées par des gaz parfaits, le travail de compression occasionne une diminution de volume et une élévation de température et de pression.

Dans les deux hypothèses, les bulles voisines agissent comme des ressorts qui, sous une forme ou sous une autre, restituent, au moment où elles repassent par l'état primitif, la presque totalité de l'énergie emmagasinée.

L'effet de ces ressorts est de rendre moins sensible la perturbation que causerait sur la circulation la brusque augmentation de volume de la grosse bulle.

En effet, le travail $\mathrm{T}r\mathrm{B}$ effectué par l'accroissement de volume de la bulle pendant un certain intervalle de temps produit les effets suivants au-dessus et au-dessous de la bulle ; des travaux de pesanteur $\Sigma m_1 g h_1$ et $\Sigma_2 m g h_2$; les travaux de frottement correspondants $\Sigma \mathrm{T}rfr_1$ et $\Sigma \mathrm{T}rfr_2$ pour le changement de régime ; $\Sigma \mathrm{T}r\mathrm{C}p_1$ et $\Sigma \mathrm{T}r\mathrm{C}p_2$ les travaux de compression correspondants pour les bulles ; enfin, les variations de forces vives correspondantes. Soit v_0 la vitesse d'entraînement du cycle au moment où se forme la grosse bulle.

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{T}r\mathrm{F}g = \Sigma m_1 g h_1 + \Sigma m_2 g h_2 + \Sigma \mathrm{T}rfr_1 + \Sigma \mathrm{T}rfr_2 + \Sigma \mathrm{T}r\mathrm{C}p_1 \\ + \Sigma \mathrm{T}r\mathrm{C}p_2 + \frac{1}{2}\Sigma m_1({v'_1}^2 - v_0^2) + \frac{1}{2}\Sigma m_2({v''_1}^2 + v_0^2). \end{aligned}\right\} \quad [5]$$

On voit ainsi que $\Sigma \mathrm{T}r\mathrm{C}p_1 + \Sigma \mathrm{T}r\mathrm{C}p_2$ vient en défalcation des autres et diminue les variations de forces vives et, par suite, les perturbations dans la circulation.

Au moment où l'extrémité supérieure de la grosse bulle débouche dans le collecteur, sa pression diminue rapidement par suite de sa libre expansion et de la condensation partielle due au contact avec de l'eau plus froide. Il y a donc une brusque rentrée d'eau froide par le haut, tandis que la partie inférieure de la colonne chauffée, animée d'une vitesse réduite, ou même en sens contraire du mouvement d'entraînement général du cycle, demande un certain temps pour revenir dans le sens de la circulation. C'est alors qu'en dilatant soudain la partie supérieure de la colonne inférieure le travail $\Sigma T r C p_2$ diminue sensiblement la rentrée par le haut et intervient d'une façon favorable.

Dès qu'il se produit une rentrée par le haut, la vitesse de circulation diminue : l'eau froide et pesante qui tombe sur le haut de la partie inférieure de la colonne montante occasionne d'abord un choc, puis une augmentation de poids de la masse ascendante. Ainsi, coup après coup, la quantité de mouvement ΣMV contenue dans le cycle réversible tend à diminuer et à devenir nulle ; il en résulte que, pour une même variation de force vive, la colonne inférieure tend à être chassée de plus en plus loin dans le sens contraire. Lorsque cette quantité de mouvement ΣMV est sensiblement nulle, la création subite de chaque grosse bulle formant piston refoule l'eau des deux côtés ; presque tout l'échange alternatif de vapeur et d'eau dans le tube s'effectue par le haut du tube. Les oscillations de masse de l'ensemble du cycle sont irrégulières et erratiques. Après une brusque rentrée d'eau froide dans le tube de montée, l'ensemble du cycle peut même tendre à partir en sens inverse, surtout s'il n'y a que peu de différence d'intensité de chauffe sur les deux tubes.

De longues bulles de vapeur formant piston occupent tout le tube pendant des intervalles de temps très longs. Le tube AB est sur le point de fondre et de se rompre. Dans ce cas, on recule la limite dangereuse en augmentant la quantité de mouvement ΣMV, c'est-à-dire en ne chauffant point le tube de retour.

7° *En faisant abstraction de tous les frottements, on peut calculer le maximum de débit et le maximum de vaporisation d'un tube chauffé dans un cycle réversible.*

Pour simplifier, nous ferons abstraction du poids de la vapeur et de la différence, d'ailleurs pratiquement insignifiante, des poids spécifiques des colonnes ascendante et descendante.

Le poids spécifique moyen du mélange est alors $\Delta_m = n_e \Delta_t$.

Si l'on nomme V la vitesse d'écoulement, le débit Q a pour expression $Q = \omega V \Delta_m$,

ou $$Q = \omega\Delta_m \sqrt{2gH\left(\frac{1-n_e}{\Delta_m}\right)} = \omega\sqrt{2gH\Delta_l(1-n_e)n_e}.$$

Il faut donc rendre maximum $(1-n_e)n_e$. Ce maximum a lieu pour $n_e = 1 - n_e$, c'est-à-dire pour $n_e = \frac{1}{2}$.

Si maintenant on appelle N_s le nombre de calories fournies à un tube pendant l'unité de temps, le tube sera en danger chaque fois que :

$$N_s \geqslant Q(606{,}5 - 0{,}695T).$$

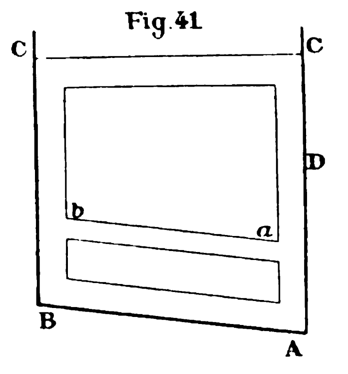
En pratique, la période dangereuse commence bien au-dessous de cette limite. La prudence conseille de ne point dépasser, même en faisant abstraction du frottement, le nombre de calories correspondant au volume $n_v = n_e$; pour $n_v > n_e$, le régime pulsatoire doit être imminent. Il convient de remarquer que ce nombre de calories est fonction de la pression, puisque les volumes sont fonctions de la pression. C'est là un argument inattendu en faveur de la haute pression.

8° *Considérons un cycle réversible* ABCD *sur lequel est branché un tube* ab *(fig. 41).*

La circulation s'établit suivant le sens ABCD avec une certaine vitesse.

Dans le tube *ab*, il tend aussi à s'établir un cycle réversible *ab*CD.

Nous définirons *ab* comme un court circuit par rapport à ABCD.



Une telle disposition offre de nombreux inconvénients.

Tout d'abord, le cycle ABCD, qui a besoin d'être traversé pendant l'unité de temps par plus de liquide que le cycle *ab*CD, offre justement plus de résistance ; et rien ne prouve que l'excédent de pression motrice dont il dispose compense le surcroît de résistance; ainsi la circulation du cycle *ab*CD peut nuire à celle du cycle ABCD.

De plus, la circulation dans le cycle ABCD peut nuire à celle du cycle *ab*CD.

En effet, ou la section de la colonne montante est large ou elle est petite par rapport au volume de vapeur qui la traverse suivant un plan horizontal déterminé. Dans le premier cas, le coefficient K_1 de la fonction φ_1 tend vers 0 et la circulation dans chaque tube tend à devenir très mauvaise ; la force motrice de la circulation du cycle tend à n'être que celle qui est due au tube lui-même, c'est-à-dire qu'elle tend vers une limite sensiblement nulle avec des tubes longs et peu inclinés.

Dans le dernier cas, le coefficient K_1 de la fonction φ_1 est plus grand ; la force motrice générale de circulation est meilleure. Mais alors toute variation dans le débit du tube AB peut produire une variation de pression à l'extrémité *b* du tube *ab*. Il est possible que la circulation du tube *ab* demeure nulle ou change de sens.

Dans tous ces cas, le court circuit *ab*CD facilite, en AB et en *ab*, la création de poches de vapeur de longue durée ; il est une cause de danger pour lui-même et les tubes voisins.

III. — Circulation artificielle.

CYCLES NON RÉVERSIBLES ET CYCLES RÉVERSIBLES

Il y a plusieurs exemples de cycles non réversibles avec circulation artificielle.

1° *Les faisceaux de tubes émulseurs Dubiau.*

Ces tubes émulseurs sont assimilables à une pompe très simple fonctionnant toujours dans le même sens et se réglant automatiquement au moins dans une certaine mesure sur la production de la vapeur. Ils créent une circulation qui, sans eux, n'existerait point et laissent la facilité de disposer les faisceaux tubulaires, non plus en vue d'obtenir une bonne circulation mais bien des conditions pratiques de service usuel. De plus, ils permettent, sans établir de courts circuits, de séparer complètement du reste du faisceau tubulaire le cycle des tubes de coups de feu, ce qui est certainement important vu que ces tubes font probablement environ la moitié du travail total de la chaudière. Enfin on peut, sans ralentir la circulation, amener l'eau froide directement sur les parties de la chaudière exposées au coup de feu.

2° *Chaudière Belleville avec clapets de retenne ou ajutage conique convergeant dans le sens de la circulation.*

Ces dispositifs peuvent être utiles dans les générateurs où le faisceau tubulaire offre à l'eau des résistances considérables; mais ils paraissent au moins inutiles dans le cas contraire.

3° *L'ajutage Solignac. On peut appliquer à l'ajutage Solignac le raisonnement ci-dessus.*

4° *Cycles réversibles. Il n'y a pas d'exemple de générateur à cycle réversible avec circulation artificielle.*

CHAPITRE V

CONCLUSIONS

En récapitulant les résultats des expériences et les indications des calculs, on peut maintenant énoncer les conditions nécessaires et suffisantes à la bonne circulation d'une chaudière aquitubulaire.

I. — Cycles non réversibles.

1° Pour le régime de chauffe usuel, ou mieux pour des régimes de chauffe inférieurs, la section des tubes doit permettre aux bulles de former piston ou d'assurer une valeur suffisante au coefficient K_2 de la fonction φ_2.

2° Il faut avoir une différence de niveau minima entre la surface libre du liquide dans le collecteur et le débouché des tubes dans ce collecteur.

3° La hauteur chauffée du faisceau aquitubulaire doit être grande.

4° Il faut surtout chauffer chaque tube du faisceau aquitubulaire à sa partie inférieure, et le chauffer très peu dans le haut.

5° Le faisceau aquitubulaire doit avoir une longueur minima pour une hauteur chauffée déterminée ; il doit donc se rapprocher autant que possible de la verticale.

6° Il faut éviter les brusques changements de direction et de section dans tout le cycle et en particulier dans le faisceau chauffé.

7° Comme la circulation ne commence qu'apres une certaine durée de chauffe, il faut assurer aux tubes leur libre dilatation.

8° Les tubes de retour doivent être gros et offrir ensemble une section relativement considérable.

9° Les tubes de retour doivent se rapprocher autant que possible de la verticale.

10° Il faut faire commencer les tubes de retour aux points les plus bas du collecteur supérieur.

11° Il faut peu chauffer ou même ne point chauffer les tubes de retour.

12° Il faut éviter les courts circuits dans le cycle.

II. — Cycles réversibles.

1° Avec le régime de chauffe usuel, ou mieux avec des régimes inférieurs, la section des tubes doit être assez petite pour que la valeur du coefficient K_1 de la fonction φ_1 soit suffisamment grande.

2° La hauteur chauffée du faisceau aquitubulaire doit être grande.

3° Le faisceau aquitubulaire doit avoir une longueur minima pour une hauteur chauffée déterminée ; il doit donc se rapprocher autant que possible de la verticale.

4° Il faut éviter les brusques changements de direction et de section dans tout le cycle, et en particulier dans le faisceau chauffé.

5° Avec une bonne circulation, il n'est pas indispensable de laisser aux tubes leur libre dilatation.

6° Les tubes de retour doivent être gros et offrir ensemble une section considérable.

7° Les tubes de retour doivent se rapprocher autant que possible de la verticale.

8° Il faut faire commencer les tubes de retour aux points les plus bas du collecteur, et dans une position telle que la descente de l'eau puisse s'y effectuer sans être gênée par le dégagement de vapeur et l'entraînement d'eau des tubes chauffés.

9° Suivant le régime maximum adopté, on peut ou non chauffer les tubes de retour. Pour un faisceau aquitubulaire déterminé, le maximum de chauffe possible sans rupture est augmenté si les

retours sont gros et peu chauffés ou même ne sont point chauffés du tout.

10° Il faut éviter les courts circuits.

Si maintenant l'on revient aux monographies, l'on voit qu'aucun des générateurs décrits ne satisfait absolument à toutes les conditions énoncées. A ne considérer que la circulation seule et en soi, chaque système a ses avantages et ses inconvénients.

La conclusion que la chaudière idéale n'existe point actuellement, s'impose encore avec bien plus de force si l'on se rappelle qu'une chaudière doit satisfaire à deux classes distinctes de désiderata :

1° Les qualités de service courant ;

2° Les qualités militaires.

Pour abréger l'examen de la façon dont chaque système répond aux qualités énoncées, nous formerons deux groupes comparés respectivement des générateurs dont les tubes ont environ 80 *mm* et 30 *mm*.

Dans le premier groupe A sont comprises les chaudières Belleville, Lagrafel et d'Allest et Niclausse (1).

Dans le second groupe B sont placés les générateurs Thornycroft, Guyot-du Temple, Normand et Yarrow (1).

Ce groupement n'a rien de scientifique, mais il est commode parce qu'il met ensemble, au moins parmi les systèmes existant actuellement, d'une part trois types de chaudières que leur hauteur considérable semble devoir réserver aux grands navires, et d'autre part les chaudières que leur disposition en longueur et leur grande puissance spécifique imposent aux petits bâtiments rapides.

La marine française a fait sur une vaste échelle des essais comparatifs des générateurs du groupe A : trois croiseurs semblables, déplaçant chacun 3 800 *tx* et ayant une force de 9000 *ch*. *Bugeaud*, *Chasseloup-Laubat* et *Friant* ont reçu respectivement des chaudières Belleville, Lagrafel et d'Allest et Niclausse.

Les résultats comparatifs des essais officiels sont donnés par le tableau suivant emprunté à l'ouvrage de M. Bertin (2).

(1) Nous omettons à dessein Solignac, Leblond et Caville et Bellens dont les systèmes ne sont pas encore suffisamment essayés.

(2) *Chaudières marines*, cours de machines à vapeur, ouvrage déjà cité.

	Belleville (1) — *Bugeaud* —	D'Allest — *Chasseloup-Laubat* —	Niclausse — *Friant* —
1° *Essai de vitesse.*			
Pression à la chaudière. . .	15,750 *kg*	13,000 *kg*	13,680 *kg*
Pression à la machine . . .	11,381	11,241	11,47
Détente $\frac{D^2}{id^2}$	7,200	7,34	7,63
Puissance développée . . .	9 565 *ch.*	9 842 *ch.*	9 563 *ch.*
Consommation de charbon par m^2 de grille.	127,0 *kg*	116,6 *kg*	122,2 *kg*
Consommation de charbon par cheval .	0,923	0,796	0,909
2° *Essai de consommation.*			
Pression à la chaudière. . .	13,690 *kg*	12,060 *kg*	12,655 *kg*
Pression à la machine. . . .	9,049	9,532	9,958
Détente $\frac{D^2}{id^2}$	12,600	12,59	12,40
Puissance développée . . .	3 781 *ch.*	3 582 *ch.*	3 655 *ch.*
Consommation de charbon par m^2 de grille.	46,195 *kg*	52,98 *kg*	50,031 *kg*
Consommation de charbon par cheval .	0,612	0,662	0,667
Essai de vitesse	1	0,858	0,905
Essai de consommation. . .	1	1,083	1,089

Au sujet des points non compris dans ce tableau, on ne pourra donner que sous toutes réserves les indications fournies par les expériences sur les modèles et par la théorie de la circulation. Il en sera de même au sujet des comparaisons des générateurs du second groupe.

Ceci établi, nous examinerons maintenant les désiderata en question.

I. — Qualités de service courant c'est-à-dire avec des combustions modérées

1° Bonne circulation, qui est un élément constitutif de la plupart des autres :

Il y a supériorité marquée du groupe B sur le groupe A sans qu'il y ait pourtant insuffisance dans le groupe A, tout au moins au-dessous d'un certain régime de chauffe. Les chaudières de chacun des deux groupes ont pratiquement des circulations comparables. Pourtant dans le groupe A la circulation de la

(1) Il convient de remarquer que les chaudières Belleville du *Bugeaud* n'ont point de réchauffeur d'alimentation.

d'Allest doit être inférieure à celle de la Niclausse parce que, dans cette dernière, la colonne descendante est chauffée autant que la colonne montante dès le début.

2° Utilisation satisfaisante du combustible aux allures modérées :

Il y a sensiblement égalité entre les différents modèles ; la chaudière Normand paraît cependant plus économique, sans doute grâce à la perfection des détails et au retour de flammes.

3° Utilisation du poids et de l'espace :

Égalité sensible des divers modèles.

Le groupe A utilise mieux l'espace en hauteur ; le groupe B en longueur. Au delà d'une certaine limite de chauffe spécifique, le groupe B a une infériorité marquée.

4° Prix de revient :

Le groupe A doit être un peu plus économique que le groupe B. Dans chacun de ces deux groupes, il ne paraît pas y avoir de différences sensibles.

5° Nettoyage automatique de l'intérieur des tubes :

Le groupe B est supérieur au groupe A.

6° Visite et nettoyage non automatique des tubes et de tout l'appareil :

Le groupe A possède une supériorité marquée sur le groupe B. Dans le groupe A, la chaudière Niclausse paraît supérieure. Dans le groupe B, la chaudière Yarrow a une grande supériorité.

7° Rareté des avaries :

Il y a probablement égalité sensible entre les divers modèles à condition qu'ils soient bien construits.

8° Gravité des accidents :

Le groupe B est supérieur, puisque les tubes sont beaucoup moins gros.

A ce sujet, MM. Lagrafel et d'Allest nous ont prié de publier sous leur propre responsabilité que l'accident du *Jauréguiberry* était uniquement dû à l'emploi, malgré leur avis, de tubes soudés au lieu des tubes étirés qu'ils préconisent ; à l'appui de leur dire, ils citent leur *Note relative au danger que présente l'emploi des tubes soudés pour les chaudières multitubulaires* en date du 7 décembre 1891 et par conséquent très antérieure à l'accident en question.

Nous croyons faire acte de courtoisie et de justice envers ces Messieurs en faisant droit à leur demande.

Il est en effet évident qu'un tube soudé est une source de danger permanent pour tout système de chaudière. Mais si ce défaut de fabrication est sans doute la cause principale de l'accident nous ne voudrions point prendre la responsabilité de prétendre qu'il en est la cause unique.

Les expériences sur les modèles élémentaires, les indications théoriques et les observations faites à propos des courts circuits, nous autorisent à dire que, malgré le succès des chaudières de la *Bombe* où l'on a brûlé 255 *kg* de houille par mètre carré et par heure, nous verrions avec inquiétude les générateurs Lagrafel et d'Allest, dont la circulation peut être faible et erratique, fonctionner couramment avec les grandes combustions spécifiques des torpilleurs et avisos-torpilleurs. Mais rien ne permet d'affirmer que cette circulation soit assez mauvaise pour causer des accidents aux allures actuelles des grilles et des foyers sur les grands navires. Nous nous déclarons absolument incapable de trancher en connaissance de cause cette importante question: aussi ne prendrons-nous point la lourde responsabilité de hasarder le moindre avis, la plus légère impression personnelle sur ce très grave sujet.

9° Peu d'influence des variations de niveau :

Les chaudières à cycle non réversible (Belleville et Thornycroft) doivent avoir une supériorité marquée sur les autres.

10° Facilité et prix modéré de l'entretien courant :

Le groupe A est supérieur au groupe B. Dans chacun de ces groupes, la supériorité paraît être respectivement aux modèles Niclausse et Yarrow, au moins en ce qui concerne la facilité de l'entretien courant.

La chaudière Thornycroft présente le très sérieux inconvénient de ne point pouvoir être remplie entièrement d'eau de manière à servir de citerne d'eau douce lorsqu'elle ne fonctionne pas.

II. — Les qualités militaires sont :

1° La bonne circulation qui, aux allures forcées encore plus qu'aux allures modérées, constitue la base des autres qualités.

La supériorité du groupe B sur le groupe A est indubitable au delà de certaines limites d'ailleurs difficiles à préciser. Dans le

groupe A, il est difficile de dire à quel modèle appartient la supériorité. Dans le groupe B il y a égalité sensible jusqu'à une certaine limite au delà de laquelle le classement parait devoir se faire comme suit : Thornycroft, Guyot-du Temple, Normand, Yarrow.

2° Utilisation maxima du poids et de l'espace disponibles pendant les grandes allures.

Le groupe B est supérieur au delà d'une certaine limite de combustion spécifique.

Dans chaque groupe, il doit y avoir égalité sensible entre les divers modèles.

Pourtant, en poussant la combustion aux plus extrêmes limites, il est probable qu'il faudrait adopter le classement suivant : Thornycroft, Guyot-du Temple, Normand, Yarrow.

3° Possibilité d'avoir toujours, par les seuls moyens du bord, des chaudières composées d'éléments pour ainsi dire neufs.

Le groupe A est supérieur au groupe B. Dans le premier, la supériorité appartient au modèle Belleville et surtout au modèle Niclausse en admettant, bien entendu, que les joints, comme ils paraissent le faire jusqu'ici, ne se détériorent point.

Pour faire ressortir l'extrême importance militaire de cette possibilité de facilement changer les éléments, nous ne saurions mieux faire que de citer M. C. Ferrand (1), en faisant toutefois remarquer que la possibilité de changer les tubes avariés n'est nullement l'apanage exclusif des modèles qu'il nomme.

« Si l'on change chaque dix ans les chaudières d'une flotte de dix cuirassés, soit un changement par an ; si ce changement dure un an, la valeur moyenne de la flotte correspondra à 9 cuirassés ; si, au contraire, ce changement dure six mois, elle correspondra à 9,5 cuirassés et trois mois, 9,7 cuirassés.

» Pour avoir toujours disponibles 10 cuirassés, il faudra, dans le premier cas, avoir 11,11 cuirassés et, dans le troisième, 10,3 cuirassés, soit une économie de 8/10 de cuirassé, et, au prix actuel du cuirassé, 24 millions. Cette simple remarque met en évidence le grand avantage des chaudières multitubulaires démontables par pièces, Belleville, Niclausse, sur les chaudières ordinaires dont le changement exige l'ouverture des ponts.

» Malgré leur prix élevé, ces chaudières sont, par suite, avantageuses, même au point de vue financier. »

(1) *La bataille du Yalu et ses conséquences dans la construction des bâtiments de guerre* par M. C. Ferrand, Ingénieur des Constructions navales.

4° Rapidité de mise en pression et de variation de régime de production de vapeur sans forcer la chaudière.

Il y a sensiblement égalité entre tous les modèles. Pourtant, la chaudière Belleville doit être supérieure, parce qu'elle contient moins d'eau. La chaudière Lagrafel et d'Allest doit fatiguer davantage à cause de sa faible circulation et du fait que les tubes sont pris aux deux extrémités.

Pour mettre en lumière l'importance capitale, au point de vue militaire, de la rapide variation du régime de vaporisation, nous supposerons le cas suivant :

A un moment donné, un croiseur reconnaît à une distance de d milles un cuirassé d'escadre pouvant filer N_2 milles à l'heure avec tous les feux poussés mais n'ayant, au moment où il a été vu par le croiseur et où il l'a lui-même aperçu, qu'une certaine fraction de sa puissance capable de lui imprimer la vitesse de n_2 milles à l'heure.

Soient pour le croiseur N_1 et n_1 les vitesses correspondantes à N_2 et n_2.

Le cuirassé met le cap sur le croiseur qui cherche à s'enfuir.

La vitesse relative des deux navires sera $n_2 - n_1$, et il est possible qu'elle soit en faveur du cuirassé qui pourra ouvrir son feu à un mille — distance où le tir sera effectif — au bout d'un temps égal à $\theta_1 = \dfrac{d-1}{n_2 - n_1}$.

Si le cuirassé, par suite du système de ses générateurs, peut avoir sa pleine puissance au bout d'un temps θ_2, alors qu'il aura déjà gagné une distance $(n_2 - n_1)$, il se rapprochera ensuite avec une vitesse $(N_2 - n_1)$ et à partir de ce moment, il ne lui faudra plus qu'un intervalle de temps :

$$\theta_3 = \frac{d - 1 - (n_2 - n_1)\theta_2}{N_2 - n_1},$$

pour se mettre à portée effective de ses canons.

Dans cette formule, en supposant $n_2 = n_1 = 10$ milles à l'heure, $d = 5$ milles et $N_2 = 18$ milles à l'heure, θ_3 est égal à 30 minutes. Si le croiseur a besoin d'une heure de plus que le cuirassé pour obtenir la pression nécessaire à une marche de 18 nœuds, on pourra le considérer perdu.

Le seul type de croiseur qui aurait alors de sérieuses chances de salut serait celui que nous avons préconisé : un bâtiment qui, indépendamment de son artillerie moyenne à tir rapide, porterait,

comme le *Matsushima*, une pièce puissante — un 270 ou un 300 *mm* — dans une tourelle bien protégée et située à l'arrière du bâtiment, il pourrait peut-être causer à l'avant du chasseur des avaries suffisantes pour ralentir ou arrêter la poursuite.

Si, au contraire, la mise en pression des deux appareils évaporatoires exige sensiblement le même temps, le croiseur pourra s'échapper.

5° Utilisation maxima de combustible aux allures forcées.

Dans le groupe A, la grande chambre de combustion assure une supériorité marquée à la chaudière Lagrafel et d'Allest (1).

Dans le groupe B, la supériorité appartient aux chaudières Normand, grâce à la savante disposition du parcours des gaz; les chaudières Yarrow, qui n'ont pas de rangées de tubes jointifs formant écran, doivent être sensiblement inférieures.



Cet exposé montre que la chaudière idéale n'existe point.

Peut-être même n'existera-t-elle jamais.

Ainsi, c'est le service imposé qui doit déterminer le choix de l'outil : à défaut d'une solution théorique générale, il faut résoudre séparément et par approximations successives chaque cas particulier.

(1) Bien entendu, en ne tenant pas compte du nouveau modèle Belleville à réchauffeur.

CHRONIQUE

N° 207.

SOMMAIRE. — Transport du bétail par chemin de fer. — Température des chambres de chauffe. — Lavage de la fumée. — Destruction par incinération des ordures ménagères. — Résistance des assemblages par rivets. — Nettoyage des surfaces métalliques par un jet de sable. — Pistons et plateaux de cylindres de forme conique.

Transport du bétail par chemin de fer. — Les publications de l'*Institution of Civil Engineers* contiennent un travail intéressant de M. Humphreys Chamberlain sur les méthodes employées pour le transport du bétail sur les chemins de fer de la République de l'Uruguay. Nous allons en donner un résumé.

Il n'est pas rare de voir dans les stations de l'intérieur du pays sur ces chemins de fer charger, dans la saison de la préparation de la viande, un train de 400 à 500 têtes de bétail dans un laps de temps variant entre une demi-heure et trois quarts d'heure, et cette besogne expéditive ne demande que trois ou quatre cow-boys à cheval et autant d'hommes à pied appartenant au chemin de fer. Les évolutions des cavaliers et l'adresse des piétons fait de cette opération un spectacle des plus intéressants et qui comporte un enseignement utile au point de vue de la manutention.

Les wagons sont, quant au châssis, du modèle ordinaire américain; ils ont environ 9,15 *m* de longueur et sont portés sur deux bogies. Mais la superstructure présente une disposition spéciale; elle consiste en deux parois latérales et un toit sans extrémités fermées, les côtés sont établis de manière à n'avoir pas besoin d'être consolidés et contreventés par les cloisons des extrémités comme dans les véhicules ordinaires. Ces extrémités sont simplement closes jusqu'à une distance d'environ 0,60 *m* du plancher par des portes verticales glissant dans des coulisses et manœuvrés par des chaînes enroulées sur un treuil léger fixé à une traverse au bout du wagon. Les portes sont maintenues par un cliquet qui s'engage dans une roue à rochet portée par l'axe du treuil. L'ouverture qui reste entre le bas de la porte à coulisse et le plancher se ferme par une cloison à charnière qui, rabattue, porte sur les tampons du wagon et, relevée, se fixe à la cloison supérieure par des crochets. Ces sortes de tabliers, une fois rabattus, se recouvrent les uns les autres, d'un wagon à l'autre, et forment un plancher continu qui va d'une extrémité à l'autre du train.

Les wagons ont ou des tampons doubles comme en Europe ou un tampon central suivant l'usage américain; dans ce dernier cas la cloison à charnière formant tablier a son extrémité consolidée par une cornière. Les intervalles entre les wagons sont fermés latéralement par des portes qui se rabattent sur les cloisons latérales et s'y accrochent pendant le transport. Pour la facilité du service, un marchepied est disposé

le long des wagons de chaque côté à peu près à 0,60 *m* au-dessous de la partie supérieure, de manière à mettre les hommes qui y circulent à l'abri des cornes des animaux. Ces dispositions permettent d'employer chaque véhicule individuellement pour le transport avec une capacité de 20 à 25 têtes, ou d'en former un train continu de la longueur nécessaire à la quantité de bêtes à transporter. Les cloisons sont parfaitement lisses à l'intérieur pour éviter que les animaux ne se blessent et les planchers sont munis de lattes clouées pour éviter que leurs pieds ne glissent.

Les enclos ou *corrals* où stationne le bétail avant l'embarquement sont généralement doubles lorsqu'on a affaire à du bétail sauvage, autrement ils sont simples. La clôture extérieure est formée de poteaux et de lisses solidement établis ou de treillage métallique. L'entrée principale est munie de barrières guides se prolongeant sur une certaine longueur en s'écartant pour diriger le troupeau dans l'enclos. Un cowboy à cheval placé à l'entrée suffit pour maintenir les animaux tranquilles. L'enclos extérieur communique avec l'intérieur par une barrière glissante ou une porte avec une ouverture plus petite que celle de l'enclos extérieur. Les murs du corral sont en maçonnerie grossière ou en charpente, jointive dans ce dernier cas pour empêcher les animaux de voir en dehors. On établit la communication entre le corral et le train au moyen d'un passage de même largeur que les wagons et présentant une inclinaison pour racheter la différence de niveau entre le sol et le plancher des wagons, ce passage aboutit à l'extrémité d'une voie terminée par des heurtoirs et sur laquelle on amène le train pour le charger.

Avant de procéder à l'opération de l'embarquement, on fait passer le bétail de l'enclos extérieur dans l'intérieur par l'aide de trois ou quatre cow-boys à cheval qui restent avec les animaux. Deux peons se placent sur les marchepieds du haut des wagons, un de chaque côté, et deux autres au-dessus des premiers, un également de chaque côté. Ces derniers rabattent les portes latérales et les fixent de manière que l'ensemble du train forme la continuation du passage dont il a été question plus haut. Un des hommes qui se tiennent sur les marchepieds relève les portes à coulisse des extrémités au moyen des treuils, l'autre est là pour l'assister en cas de besoin. Les hommes placés sur le sol s'occupent de rabattre les cloisons formant tablier pour établir le plancher continu.

On trouve généralement plus commode de ne faire sortir à la fois de l'enclos que le nombre de bêtes correspondant au chargement d'un wagon plutôt que de laisser tout le troupeau sortir à la fois, ce qui occasionne du désordre et des encombrements partiels qui font perdre beaucoup de temps pour remettre les choses en ordre.

Dans ce cas, les cow-boys séparent un lot de 20 à 25 animaux de la masse. On les chasse vers le passage, et comme ils voient le jour devant eux, ils galopent jusqu'au bout du train touchant à la locomotive. S'ils manifestent quelque velléité de s'arrêter ou de reculer, les peons des marchepieds sautent derrière eux et les chassent en avant en criant; du reste, comme ces bêtes ne sont pas accoutumées à voir des hommes à pied, la vue de ceux-ci suffit pour les faire courir en avant.

Au cas assez rare où un bœuf plus farouche ne se laisserait pas effrayer et foncerait sur l'homme, celui-ci se met vite à l'abri en sautant de côté et on trouve plus pratique de laisser la bête retourner à l'enclos que de perdre du temps à la pousser vers le wagon. Une fois les 20 ou 25 animaux arrivés à destination, un peon les maintient en place en se servant au besoin d'un aiguillon tandis qu'un autre laisse retomber la porte à coulisse en lâchant le cliquet du treuil. Les hommes à terre relèvent la cloison-tablier et la remettent en place en l'accrochant à la porte; on rabat également les cloisons à charnière des côtés et on les fixe aux parois latérales. Cela fait on abaisse la porte à coulisse du bout du wagon suivant et on relève le tablier de manière à fermer le bout de ce wagon et on opère comme précédemment. Le travail s'effectue avec une rapidité étonnante et, comme on l'a dit au commencement de cette note, avec des hommes exercés, on peut charger 500 têtes de bétail en une demi-heure. Il est inutile de décrire l'opération de débarquement qui s'effectue exactement par les mêmes procédés que l'embarquement dont on vient d'indiquer les diverses opérations successives.

Le même système s'emploie pour les animaux domestiques, bœufs, mules et chevaux, en grande ou petite quantité. Lorsqu'on a à transporter des moutons ou des porcs, on emploie souvent un plancher mobile intermédiaire, ce qui permet de doubler la capacité des wagons en les transformant en wagons à deux étages. Les procédés qui viennent d'être décrits, non seulement économisent beaucoup de main-d'œuvre et de temps, mais encore ils présentent le grand avantage de ne pas imposer aux animaux autant de souffrances que les anciens procédés de chargement, de leur éviter des blessures et la fièvre que leur donne la peur.

Le nouveau système a été employé dans les conditions les plus défavorables qu'on pouvait trouver pour le transport du bétail sauvage de la Plata, genre d'animaux, qui ne se laissent pas approcher par un homme à pied. Ces bœufs sont proverbialement farouches et portent les plus terribles cornes qu'on puisse voir; avec ce système, il n'a pas été nécessaire de rendre leurs cornes inoffensives ou d'employer aucun moyen pour les empêcher de se blesser entre eux.

Avec des animaux domestiques ou demi-apprivoisés, les avantages de chargement des wagons par bout sont naturellement plus grands. La dépense des wagons et des corrals est assez faible et, en tout cas, très inférieure à celle des enclos et des wagons à chargement par côté. Ces moyens peuvent d'ailleurs être utilisés également pour le transport des bois et des marchandises en général, de sorte qu'on peut les employer pour un chargement en retour au lieu de les ramener vides.

Il paraît prouvé qu'un animal transporté à 100 milles par chemin de fer conserve plus de graisse et de viande qu'un autre qui a fait le même trajet à pied et la peau du premier pèse, à conditions égales, 1 à 2 livres de plus. De fait, la suppression des paniques qui s'emparent parfois des troupeaux en marche, des bêtes qui se noient au passage des cours d'eau, qui meurent faute d'eau ou de nourriture, des accidents de route, etc., a déjà convaincu les éleveurs des avantages qu'il y a à trans-

porter des bestiaux par chemin de fer au lieu de leur faire faire à pied des centaines de milles à travers des contrées plus ou moins désertes. Avec la certitude de pouvoir livrer le bétail à jour fixe, les propriétaires profitent des cours favorables au lieu d'être, comme auparavant, à la merci des marchands de bestiaux.

Les wagons dont il a été parlé peuvent, comme on l'a indiqué, être employés isolément ou réunis ensemble. Les grands avantages qu'on trouve à s'en servir sous cette dernière forme justifient l'emploi des trains spéciaux de bestiaux lorsque le trafic est assez important pour motiver cette mesure. Avec des wagons à bestiaux attelés à un train ordinaire, qui s'arrête aux stations, les bestiaux sauvages sont effrayés par la vue des voyageurs qui stationnent sur les quais et deviennent difficiles à maintenir, inconvénients qu'on n'éprouve pas avec les trains spéciaux. De plus, la simplicité et la rapidité avec laquelle on embarque et débarque ce chargement vivant, rend très faciles les opérations pour les faire boire et manger en route lorsque la distance du transport oblige à le faire pour obéir aux lois qui régissent la matière.

Température des chambres de chauffe. — Nous avons déjà eu plusieurs fois occasion de signaler les températures excessives qu'atteint l'atmosphère des chambres de chauffe dans les grands navires. Dans le rapport du médecin en chef de la marine des États-Unis qui vient d'être publié, on trouve des chiffres terrifiants sur la température des chambres de chauffe et de machines et sur les compartiments des dynamos. Sur le *Cincinnati*, par exemple, on aurait constaté dans la chaufferie avant une température maxima de 93,5° C. (204 F.) et la moyenne de toute l'année a été de 63° C (1).

La question d'une ventilation efficace sur les navires de guerre s'impose absolument aux constructeurs des navires, de même qu'elle intéresse au plus haut degré le personnel des machines et, d'après ce qui vient d'être dit, il est évident qu'il reste beaucoup à faire.

La grande difficulté provient de la division des navires de guerre actuels en une multitude de petits compartiments séparés par des cloisons étanches, disposition exigée pour la solidité de la coque et pour sa sécurité et qui s'oppose d'abord à une circulation naturelle de l'air et rend ensuite très malaisée l'installation d'une ventilation artificielle. Si on ajoute à ces conditions défavorables la présence d'énormes chaudières, de machines auxiliaires dans ces compartiments et des tuyaux de vapeur qui courent à peu près partout, on comprend que les souffrances endurées par le personnel, deviennent presque intolérables.

Sur le *Détroit*, les deux passages latéraux de chaque côté ont des parquets en tôle, placés au-dessus des chaudières et d'une superficie totale de 45 m^2 environ. Lorsque le navire est sous vapeur, la température de ces parquets atteint 58° C. et le rayonnement des tôles porte à 52° la température de l'air dans ces passages. Le seul moyen de combattre l'élévation de température est l'ouverture des portes placées aux extré-

(1) Ces chiffres, qui paraissent bien difficiles à admettre, surtout le premier, sont donnés dans l'*Engineering News*, auquel une partie des renseignements contenus dans cet article sont empruntés.

mités et le secours de sept ventilateurs placés sur le pont. Tout ce qu'on a pu faire n'a abouti qu'à abaisser la température à 43° dans les conditions les plus favorables-

C'est naturellement dans la voie de la ventilation artificielle qu'on a cherché une amélioration à cet état de choses et presque tous les navires de guerre américains sont munis de ventilateurs Sturtevant, agissant par aspiration ou par refoulement et pouvant débiter jusqu'à 1 000 m^3 à la minute. Les conduits de ces ventilateurs ont jusqu'à 0,70 $\times$ 0,37 *m*; on leur ajoute souvent des ventilateurs de 0,305 *m* de diamètre mus par l'électricité et des manches à vent de 0,35 *m* en placées sur le pont. Le *Maine* a dans chaque chambre de machines un ventilateur soufflant à vapeur de 1 000 m^3 de capacité par minute et d'autres ventilateurs de puissance variée dans les soutes à munitions, la chambre des dynamos, celle de la commande à vapeur du gouvernail, etc., et chaque chambre de chauffe est munie de trois larges manches à vent de 0,50 *m* qui s'élèvent au-dessus de la superstructure du navire et se terminent par de larges entonnoirs.

Si les sentiments d'humanité la plus vulgaire commandent d'apporter un remède à la gêne et aux souffrances du personnel des machines des navires de guerre, on doit ajouter que les conditions tout à fait anormales dans lesquelles travaille ce personnel ont une très grave influence sur l'utilisation générale d'un navire comme machine de combat. Les médecins de la marine constatent que la fatigue est due beaucoup moins au travail lui-même qu'aux conditions déplorables dans lesquelles il s'effectue, conditions parmi lesquelles il convient de signaler au premier rang : la température élevée, l'air impur et stagnant des soutes à combustible et l'obstruction des glandes salivaires par la respiration d'air chargé de poussier de charbon.

Le médecin du *Détroit* rapporte que, dans un trajet, il n'a été possible de maintenir à leur travail les chauffeurs et les soutiers, qu'en leur donnant à chacun deux onces de whiskey à la fin de chaque quart de quatre heures et, malgré cet adjuvant, les hommes, inondés de sueur et la respiration haletante, le pouls rapide et agités de tremblements nerveux, avaient de la peine à rester debout à la fin de cette période. Il y a un fait digne de remarque, c'est que dans la statistique des décès survenus, en 1895, dans la marine des États-Unis, la pneumonie et les maladies de cœur sont signalées comme les causes de mort les plus fréquentes. On n'indique pas la situation des morts dans la marine, mais il est bien présumable que le personnel des machines est particulièrement éprouvé.

Du reste, il est facile de se rendre compte de l'influence qu'exerce sur la santé des hommes la température élevée de l'intérieur des navires, par ce fait que, dans toute grande ville des États-Unis, le nombre des morts et des maladies augmente considérablement dès que la température atteint seulement 38° C. (100° F.), et dans ce cas il n'y a rien qui se rapproche de la situation de gens soumis à un travail extrêmement pénible dans des locaux fermés et insuffisamment ventilés.

Il semble qu'on pourrait chercher une certaine amélioration à cet état de choses dans la voie de l'emploi plus complet des revêtements non

conducteurs pour les chaudières et les conduites de vapeur. C'est une question à étudier.

Le succès des transmissions par l'air comprimé substitué à la vapeur ou à l'eau sous pression pour la mise en mouvement des appareils auxiliaires du *Terror*, semble ouvrir des perspectives intéressantes. Non seulement l'air comprimé n'apporte pas de chaleur avec lui comme la vapeur, mais encore il produit une ventilation utile par son échappement et présente, à ce point de vue, une supériorité évidente sur les autres agents de transmission, ce qui fait, du reste, son succès pour le percement des tunnels et galeries.

Quoi qu'il en soit, il est évident qu'il y a à faire quelque chose. Les constructeurs de navires apportent toute leur attention à soigner tous les détails des engins de destruction qui constituent les navires de guerre actuels et s'occupent beaucoup moins des conditions d'existence des hommes qui doivent habiter et manœuvrer ces formidables machines de combat. La comparaison entre les forteresses flottantes de nos jours et les anciens navires de guerre à voiles et en bois avec leurs larges sabords et leurs batteries aérées, ne fait pas grand honneur aux préoccupations hygiéniques de nos constructeurs. Les conditions actuelles de la guerre navale sont déjà assez destructives pour qu'on ne soumette pas, en temps ordinaire, le personnel à des fatigues et des traitements qui abrègent son existence et qui conduisent à faire considérer la profession de mécanicien et de chauffeur à bord des navires de guerre comme aussi meurtrière en temps de paix qu'en temps de guerre. Il est certain, d'ailleurs, que, dans une action, la victoire ou le salut peuvent dépendre, à un moment donné, de l'endurance du personnel des machines et, ne fût-ce qu'à ce point de vue, il y a tout intérêt à ce que les limites de force des hommes ne soient pas dépassées sans utilité.

Lavage de la fumée. — Le procédé d'élimination de la fumée par le lavage a reçu récemment une intéressante application, à New-York, sur les chaudières de la station J de la New-York Steam Company, laquelle est située à l'angle de la 59e Rue et de Madison Avenue, dans un quartier très fashionable. Cette station existe déjà depuis plusieurs années, mais, il y a peu de temps, elle a dû être renforcée par l'addition de nouveaux générateurs, notamment une chaudière Climax de 1 000 *ch* et, bien qu'on ne brûle que de l'anthracite, les voisins ont élevé des plaintes, par suite des inconvénients causés par une fine poudre blanche sortant des cheminées et provenant très probablement des cendres du combustible. Les tribunaux furent saisis de ces plaintes et, pour éviter de voir sa station arrêtée dans sa marche, la Compagnie résolut d'établir une installation de lavage des gaz associée à un tirage économique et à un économiseur.

Le but de l'emploi de l'économiseur est de réduire la température des gaz arrivant à la cheminée et cela pour un double objet, d'abord pour réaliser une économie de combustible et ensuite pour que la chaleur conservée par les gaz ne soit pas assez élevée pour vaporiser l'eau qui sert au lavage.

Les gaz sortant de la chaudière pénètrent dans un conduit descendant

qui les amène dans un économiseur ou réchauffeur formé de 44 tubes de 0,25 *m* de diamètre qui absorbe une proportion importante du calorique qu'ils ont conservé. Un ventilateur de 4,20 *m* de diamètre prend ces gaz à la sortie de l'économiseur et les fait passer dans l'appareil de lavage analogue à un *scrubber* formé d'une caisse rectangulaire de 2,10 *m* de côté et de 7 *m* environ de hauteur contenant un certain nombre de cloisons entre lesquelles circulent les gaz qui rencontrent un courant d'eau amené à la partie supérieure par un tuyau de 0,10 *m* de diamètre et qui se déverse d'une cloison sur l'autre et ainsi de suite. Grâce à cette disposition, les gaz sont mis en contact intime avec l'eau, et les matières solides, suie et cendres qu'ils contiennent, sont arrêtées par l'eau et tombent avec elle au pied de l'appareil. Cette eau est reprise par une pompe et remontée de nouveau à la partie supérieure du scrubber.

Dans un système de ce genre, si la température des gaz sortant de la chaudière est assez élevée, il y a une très forte évaporation de l'eau qui sert au lavage des gaz et c'est pour éviter l'inconvénient qui en résulte qu'on a recours à l'emploi d'un économiseur pour abaisser la température des gaz. Dans l'installation que nous venons de décrire, cette température est abaissée au-dessous de 100° C., et il ne se produit pas de vaporisation appréciable. On peut donc employer indéfiniment, ou à peu près, la même eau. Quant à l'efficacité du remède, elle a été proclamée complète par les experts. Pour apprécier le résultat, on s'est servi d'une feuille de tôle recouverte de vernis noir et mouillée de glycérine qu'on tenait pendant un quart d'heure au-dessus de la cheminée. A l'expiration de ce laps de temps, on ne trouvait sur la plaque aucune trace de poussière blanche ou de cendres.

On voit, par les explications qui précèdent, que l'usage de l'économiseur est non pas indispensable, mais utile pour abaisser la température des gaz et ne pas avoir une évaporation d'eau qui aurait le double inconvénient d'amener une perte du liquide et un entraînement des poussières avec la vapeur. De plus, comme l'emploi d'un ventilateur aspirant intervient, il est tout indiqué, du moment où il n'y a plus besoin que les gaz conservent une température assez élevée pour effectuer le tirage naturellement, de réduire le plus possible la température des gaz en utilisant le calorique qu'ils ont conservé. C'est ce qu'on fait toujours avec les tirages mécaniques surtout par aspiration.

Bien que, dans le cas actuel, les gaz ne fussent pas chargés de suie ou particules charbonneuses, il est probable que l'appareil donnerait également un bon résultat dans ces conditions.

Destruction par incinération des ordures ménagères. — La question de l'incinération des ordures ménagères est une question un peu à l'ordre du jour partout et nous croyons intéressant d'en citer, d'après le journal américain *Engineering Record*, un exemple appliqué à une ville de population moyenne.

Le village (1) de New-Brighton, qui compte 18.000 habitants, est

(1) Dans certains pays, le nom de village est donné à des localités même très importantes; ainsi en Suisse, la Chaux-de-Fonds, qui compte 25.000 habitants et Le Locle, qui en a 11.000, se qualifient de villages.

situé dans Staten-Island, dans l'État de New-York; il est habité principalement par des gens d'affaires et commerçants de New-York qui y ont leur domicile. La superficie est d'environ 2,6 km^2 et le développement des rues de 80 *km*. Les autorités décidèrent, en 1895, d'établir des appareils d'incinération pour se débarrasser des ordures ménagères et, après une enquête sur les installations existantes, faite par M. Théodore S. Oxholm, Ingénieur du village, on installa un appareil du système Brownlee.

Les règlements de police de la localité obligent les habitants à diviser leurs résidus en deux parties : les cendres, verre, boites de conserve, etc., et en général tout ce qui ne peut pas être détruit par le feu, et le *garbage* ou ordures proprement dites, papiers, balayures, résidus de cuisines, etc. Ces deux classes de matières sont mises dans des récipients différents par les soins des habitants et enlevées par les agents municipaux, les cendres pour être portées à des décharges publiques et servir à remblayer des endroits bas et les ordures au four d'incinération. Les bouchers et marchands de poisson et e fruits doivent porter eux-mêmes leurs résidus au four, de même les personnes qui auraient à se débarrasser d'animaux morts ou d'immondices. Les tonneaux contenant les cendres sont placés par les habitants sur le bord du trottoir, mais les caisses contenant les ordures restent dans les maisons ou cours jusqu'à ce que les employés de la ville les prennent. Leur passage a lieu tous les jours dans les quartiers commerçants du village et tous les deux jours dans les autres quartiers.

Les autorités auraient bien voulu que ces derniers résidus fussent déposés dans des récipients métalliques pourvus de couvercles, et transportés dans des voitures fermées en métal, mais, à cause de la dépense, on a toléré jusqu'ici l'emploi de barils à sucre en bois et de voitures en bois qui sont des chariots à charbon de 1,20 m^3 de capacité et munis de couvercles en bois; ces véhicules coûtent environ 450 *f*, alors que les voitures métalliques dont l'emploi était prévu, ne coûteraient pas moins de 800 *f*; on n'a donc pas insisté pour cette amélioration. Un homme et un cheval suffisent pour chaque voiture, la distance de transport n'étant, en moyenne, que de 1,200 *m*. Les véhicules qui transportent les cendres sont simplement couverts en toile.

L'appareil d'incinération est, comme on l'a dit, du système Brownlee. Le four a environ 8 *m* de longueur, sur 1,20 *m* de largeur intérieure et 1,20 *m* de hauteur des barreaux de grille au sommet de la voûte; on peut y traiter 30 *t* par jour. L'appareil complet, y compris le bâtiment en bois qui l'abrite, a coûté, à forfait, 33.000 *f*. Le contrat stipulait une garantie d'un an avec renouvellement dans ce délai de tout ce qui viendrait à avoir besoin d'être réparé ou renouvelé à l'exception des barreaux de grille. L'appareil n'est pas placé d'une manière satisfaisante, l'ayant été dans un creux par suite de la disposition des lieux. Il en résulte que le haut de la cheminée est à peu près au niveau des fenêtres supérieures des maisons qui sont à 400 et 500 *m* de distance. En temps ordinaire, il ne se dégage pas d'odeurs incommodes, mais dans certaines circonstances, surtout dans les temps humides, les voisins se plaignent d'exhalaisons désagréables. Ces inconvénients ne se font guère sentir

que dans une seule maison à la fois, ce qui semblerait indiquer que, dans ces conditions, les gaz sortant de la cheminée ne sont pas disséminés par le vent et ne s'élèvent pas suffisamment pour monter audessus des maisons.

L'appareil a été mis en service le 13 septembre 1895 et a brûlé 13,5 *t* d'ordures en six heures et treize minutes. Un relevé allant du 1er novembre 1895 au 1er août 1896, indique qu'on a dépensé, dans ces neuf mois, 6.675 *f* pour main-d'œuvre et 2.935 *f* de charbon coûtant 17,5 *f* la tonne. Pendant cette période, on a incinéré 1,243 *t* représentant un volume de 2872 m^3 d'ordures, ce qui donne une dépense de 7,73 *f* par tonne et 3,34 *f* par mètre cube. En août 1896, on a détruit 449 charges de voitures, pesant 453 *kg* chacune avec une dépense de 2,80 *f* par mètre cube ou 6,50 *f* par tonne.

On a, à cette époque, fait des essais dans le but de reconnaître si on pourrait brûler directement les ordures sur la grille au lieu de les laisser sur les barreaux comme on l'avait fait jusque-là. Pour y arriver, il faut une grande attention dans la conduite de l'appareil, mais quand les hommes eurent bien l'habitude de la manœuvre, on constata une économie importante. Ainsi, des relevés faits du 14 octobre au 13 novembre 1896, montrent qu'on a pu brûler 456 m^3 avec une dépense de 1.015 *f* dont 600 *f* pour la main-d'œuvre et 415 *f* pour le combustible coûtant 20,75 *f* la tonne. Le prix de la tonne d'ordures incinérées ressort donc à 5,05 *f* au lieu de 6,50 *f*, soit une réduction de 23 0/0.

Une autre amélioration a été la substitution à la grille primitive formée de tubes de 62,5 *mm*, d'une grille à eau en communication avec une petite chaudière. Tout d'abord, l'eau circulait dans tous les tubes formant la grille, et retournait à un réservoir, mais en s'échauffant trop; on fut conduit dès lors à diviser l'ensemble des tubes en trois parties, en communication directe chacune avec le réservoir. De la sorte, l'eau ne se vaporise pas dans les tubes et ceux-ci ne s'altèrent plus par la chaleur excessive comme précédemment.

Le carneau principal du four arrive à la cheminée en formant un coude horizontal à angle droit. Cette disposition est vicieuse parce qu'elle facilite les obstructions à cet endroit. Une autre amélioration à apporter à l'installation actuelle est la substitution de pièces réfractaires aux anneaux en fonte qui entourent les ouvertures par lesquelles les détritus sont enfournés, parce que la chaleur et les vapeurs acides qui se dégagent attaquent rapidement le métal.

Nous rappellerons que nous avons rendu compte dans le *Bulletin* de mars dernier, page 353, d'un rapport de M. Livache sur le traitement des ordures ménagères à New-York et à Philadelphie, paru dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*.

L'installation que nous venons de décrire nous a paru présenter un intérêt spécial en ce qu'elle s'applique à une localité d'importance secondaire.

Résistance des assemblages par rivets. — Il a été fait dernièrement à l'arsenal de Watertown aux États-Unis, des expériences sur les assemblages par rivets qui fournissent des renseignements intéressants

sur un point sur lequel on n'a jamais trop de documents. Nous les empruntons à l'*Engineering Record.*

Tous les essais dont il s'agit ont été faits avec des tôles d'acier de 12,7 *mm* d'épaisseur; les rivets employés avaient 22,2 *mm* de diamètre et les trous pour les recevoir 23,5 *mm*, ces trous étaient forés.

L'assemblage ordinaire à recouvrement à double rang de rivets sur 0,343 *m* de largeur, avec les rivets distants de 86 *mm* d'axe en axe a cédé sous un effort égal aux 47 centièmes de la résistance à la rupture de la tôle.

Un assemblage avec deux couvre-joints, l'un de 0,265 *m*, l'autre de 0,113 *m*, de largeur, avec les deux rangs de rivets traversant l'épaisseur totale distants de 86 *mm* d'axe en axe et les autres du double de cet écartement, a donné une réststance égale aux 57 0/0 de celle de la tôle.

Un assemblage du même genre, avec le couvre-joint inférieur de 0,403 *m* de largeur avec quatre rangs de rivets dont ceux traversant l'épaisseur totale écartés de 63,5 *mm* a donné une résistance de 78 0/0 de celle de la tôle. La largeur des couvre-joints était dans ce cas de 0,508 *m*, tandis que précédement, elle était moindre. On voit que cette augmentation de largeur et le doublement des rivets traversant l'épaisseur totale de la tôle et des deux couvre-joints a notablement augmenté la résistance des joints.

Dans une autre série d'essais, on a opéré sur des assemblages à trois rangs de rivets avec un couvre-joint de 0,254 *m* et un de 0,404 *m* de largeur, la résistance a été de 80 0/0 de celle de la tôle avec les rivets distants de 86 *mm* et de 83 °/₀ avec les rivets écartés de 63,5 *m*.

En portant à 0,556 *m* de largeur du couvre-joint inférieur pour ajouter deux rangs de rivets, l'écartement de ceux-ci, étant maintenu à 63,5 *mm* la résistance a atteint 85 0/0 dans un essai et 90 dans un autre. En essayant le même assemblage avec les rivets à l'écartement de 86 *mm*, la résistance est retombée à 82,5 0/0 de celle de la tôle.

On voit que le rapprochement des rivets augmente la résistance du joint et qu'avec des assemblages à double couvre-joint avec triple rangée de rivets, on peut compter en pratique sur une résistance de 80 à 85 0/0 de celle de la tôle.

Nettoyage des surfaces métalliques par un jet de sable. — On a employé avec succès aux États-Unis le sable projeté par de l'air comprimé pour le nettoyage des surfaces métalliques.

Une des premières applications de ce procédé a été faite dans les conditions suivantes. On avait à peindre, à New-York, un viaduc métallique de 350 *m* environ de longueur, porté sur colonnes et on voulait, en vue du choix définitif de la peinture, appliquer diverses espèces de peintures sur des surfaces voisines, placées par conséquent dans des conditions identiques et leur faire subir une épreuve d'une année. La première chose à faire était de nettoyer les surfaces métalliques en enlevant la vieille peinture, l'oxyde, la rouille, etc., sans employer d'eau ou de liquides acides. »

Le 4 mars dernier, on a appliqué sur une portion de la surface de la

superstructure métallique du viaduc, le procédé par jet de sable de Tighlman.

L'installation comprenait une soufflerie, un réservoir pour l'air comprimé, un mélangeur avec tuyaux flexibles reliant le réservoir et la lance d'où sortait le jet. La machine soufflante était actionnée par la vapeur provenant de la chaudière d'un rouleur-compresseur voisin. L'air comprimé à 1,5 *kg* de pression était refoulé dans le mélangeur où il se chargeait de sable fin et passait dans un tuyau flexible de 62 *mm* de diamètre et de 10 *m* de longueur et sortait par un orifice de 18 *mm* de diamètre, pour être projeté sur les surfaces métalliques à 0,15 *m* de distance desquelles l'extrémité de la lance était maintenue. Le nettoyage s'effectuait à raison de 1 m^2 par 3 1/2 minutes. La consommation de sable était, pour cette surface, de 30 *l*, de sorte que, comme on n'avait pas pris de précaution pour le recueillir et s'en servir de nouveau, l'approvisionnement fut vite épuisé.

Néanmoins les résultats ont été considérés comme très satisfaisants. Les surfaces traitées par le procédé étaient parfaitement nettoyées de toute trace de matières étrangères, rouille, graisse et le métal mis à nu et brillant ; même les irrégularités de la surface, saillies, creux, etc., avaient été pénétrés et nettoyés bien plus complètement que n'aurait pu faire la brosse.

Si on estime le poids total du viaduc à 4 500 tonnes, en supposant une surface à peindre de 12,5 m^2 par tonne, il faudra, avec un appareil et 3 hommes à 10 m^2 par heure, 5 625 heures et la dépense s'élèverait à 0,50 *f* en nombre rond par mètre carré. Si on considère que le coût de la peinture d'un ouvrage métallique ne dépasse pas, en général, le double de ce chiffre, on pourra trouver élevé le prix du nettoyage, mais il faut ajouter que, par ce procédé, on pourra réduire notablement la partie de la dépense relative aux échafaudages.

Des essais du même procédé ont été faits à l'Arsenal de la Marine des États-Unis à Brooklyn ; on a nettoyé, en 6 minutes, 2,32 m^2 de la surface de la carène d'un navire en fer, l'opération a été faite d'une manière beaucoup plus satisfaisante qu'avec le grattage à la main. Le sable n'agit pas d'une manière fâcheuse sur le fer et l'acier, mais il attaque avec une grande rapidité la brique, la pierre et même la fonte. L'appareil est simple et portatif ; pour un travail important, le réservoir et le mélangeur doivent être assez grands pour pouvoir desservir 3 ou 4 jets, desservis chacun par un tube flexible. On enclôt l'appareil de prélarts ou de toiles pour que le sable et la poussière ne gênent pas et pour qu'on puisse recueillir le premier, pour s'en servir de nouveau. On dit qu'on peut remplacer le sable par de la grenaille de fonte très fine qui a l'avantage de ne donner aucune poussière.

Pistons et plateaux de cylindres de forme conique. — M. J. Kraft, de Seraing, a publié dans les mémoires de l'*Institution of Civil Engineers*, un intéressant travail relatif à l'emploi de la forme conique pour les pistons et plateaux de cylindres des machines à vapeur et à la manière de calculer ces pièces.

La forme conique a déjà été souvent employée, surtout dans les loco-

motives, mais dans le but de gagner de la longueur principalement (Voir par exemple la locomotive-tandem des chemins de fer Sud-Ouest russes, décrite dans le Bulletin d'octobre 1892, page 808 et planche 77), M. Kraft envisage cet emploi au point de vue de la plus grande résistance et par suite de l'allégement des pièces pour les cylindres de très grand diamètre des grosses machines marines.

Après avoir donné les méthodes de calcul, l'auteur indique l'application qui en a été faite aux plateaux et pistons de la malle d'Ostende le *Rapide* dont nous avons déjà eu occasion de parler et qui a été construite, il y a deux ans, par la Société Cockerill.

Le petit piston a 1 524 *m* de diamètre et le grand 2 743. Le plateau du petit cylindre a ses génératrices à un angle de 42°, il est en fonte avec une résistance en travail de 1,30 *kg* par millimètre carré et résiste à une pression maxima de vapeur de 8,5 *kg* par centimtère carré. L'épaisseur calculée ressortait à 15 *mm*; on l'a, pour des raisons de construction, portée à 25; il n'y a aucune nervure.

Le plateau du grand cylindre résiste à une pression de 1,13 *kg* par centimètre carré; les génératrices de la partie conique font un angle de 21°. L'épaisseur calculée est de 7,5 *mm*, on lui a donné 25, il est également en fonte sans nervures.

Le petit piston a à supporter une différence de pression de 7 *kg* environ par centimètre carré, l'angle est de 37,5°, il est en acier coulé travaillant à 4 *kg*; l'épaisseur résultant du calcul était de 15 *mm*; pour des raisons de construction, on lui a donné 25.

Enfin le grand piston, également en acier coulé, a ses génératrices à l'angle de 19°, il résiste à une différence de pression de 1,70 *kg* par centimètre carré. On lui a donné une épaisseur de 50 *mm* bien que le calcul n'indiquât que la moitié. Ces pistons sont relativement très légers et la forme plane à double toile ou à simple toile avec nervures eut conduit à des poids bien plus considérables. Il en eût été de même pour les plateaux.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MARS 1897

Notice nécrologique, sur M. Amédée VÉE, par M. Aimé GIRARD.

Rapport de M. Léon APPERT sur un procédé de **moulage des tuyaux en ciment,** de M. FAUCHERRE, à Nice.

Le principe de ce procédé très original est basé sur l'emploi d'un boyau en caoutchouc pouvant être gonflé et dégonflé à volonté au moyen d'une petite pompe à main.

Pour confectionner une conduite continue, on commence par mettre au fond du moule ou de la tranchée une couche de mortier de ciment; on pose dessus le boyau entouré d'une manche en toile, on finit de remplir la tranchée de mortier, on gonfle le boyau et on n'a plus qu'à attendre pour opérer le démoulage que le durcissement se soit opéré; il suffit alors de dégonfler le boyau.

Un même boyau en caoutchouc peut servir à la confection de tuyaux de divers diamètres, généralement quatre.

Ce système permet d'opérer très rapidement et avec économie: l'inventeur cite le fait de tuyaux d'un diamètre intérieur de 0,15 *m*, fait en chaux hydraulique et sable au prix de 1,25 *f* le mètre.

Rapport de M. F. DE ROMILLY sur **l'appareil à chauffer les bains,** de M. BENTIER.

Cet appareil emploie le gaz; l'eau entre froide et peut être chauffée à 70° en douze minutes avec 500 à 600 *l* de gaz. Ce qui le distingue est le petit espace qu'il occupe, la facilité de son nettoyage et l'élégance de la forme. Le rapport donne les dessins de cet appareil.

Études de céramique exécutées à la demande des fabricants de porcelaine de Limoges, sous la direction du Comité des arts chimiques de la Société d'Encouragement, par M. Emilio DAMOUR *(suite)*.

Cette seconde partie est spécialement consacrée à l'étude de la décoration au grand feu qui présente un intérêt industriel considérable et comprend l'exposé des méthodes suivies, la préparation des plaques d'essai, les atmosphères étudiées, les expériences sur les oxydes pouvant être employés comme colorants et la discussion des résultats obtenus. L'auteur conclut que la question de chauffage est la clef de tout progrès à effectuer dans la céramique, moins peut-être par la nécessité d'obtenir des températures très élevées, jusqu'à 1 300°, que par celle de réaliser un chauffage très régulier et des températures exactes de cuisson.

Revue des **progrès réalisés dans l'industrie des essences et des parfums**, par M. A. Haller. Deuxième partie. — Parfums à composition définie.

Dans cette seconde partie, l'auteur s'occupe : 1° des méthodes employées pour extraire les principes définis auxquels les parfums élaborés par la nature doivent leurs propriétés ; 2° des recherches faites en vue de reconstituer synthétiquement ces principes ; 3° de toute substance, quelle que soit son origine, qui est susceptible de recevoir une application dans l'art de la parfumerie.

Une conclusion intéressante de cet important travail est que les recherches d'ordre purement scientifique sont nécessaires pour surprendre les multiples secrets de la nature, et que l'empirisme doit être entièrement banni de cet ordre d'études.

Recherches expérimentales sur les alliages métalliques. Étude microscopique de ces alliages, par M. G. Charpy.

Les recherches qui font l'objet de ce travail ont eu pour base l'idée de partir d'alliages à constitution aussi simple que possible et de se rapprocher graduellement des cas les plus compliqués. L'auteur a pris pour guide les études effectuées antérieurement sur les propriétés physiques des alliages et notamment sur la forme des courbes de fusibilité, par MM. H. Le Chatelier et H. Gautier.

Le mémoire passe successivement en revue les procédés d'expérience, préparation des plaquettes, microscope, éclairage, reproduction photographique des préparations ; il est fait ici mention d'un procédé d'investigation un peu inattendu, dû à M. Albert Sauveur et appliqué à l'acier ; c'est l'emploi du planimètre qui permet de mesurer le rapport des surfaces occupées sur la préparation par les différents constituants et donne ainsi, en quelque sorte, une analyse immédiate dont les résultats, comparés à ceux de l'analyse élémentaire, fournissent de précieuses indications. Ce procédé peut être appliqué également à l'étude des alliages.

Vient ensuite l'examen des alliages eutectiques, ou alliages à point de fusion minimum, des alliages à courbes de fusibilité normales, des alliages à courbes de fusibilité anormales, puis les conclusions. Celles-ci sont assez multiples. Il en ressort toutefois d'une manière générale que l'examen microscopique des métaux fournit des renseignements importants sur la constitution chimique des alliages et sur la manière dont les métaux s'allient entre eux.

Les constituants des alliages métalliques se séparent, en général, à l'état de *cristallites* et non de cristaux bien définis. La forme de ces constituants ne donne donc, en général, qu'une indication approximative ; en dehors de ce caractère, on peut les reconnaître à leur couleur, leur dureté et surtout à la façon dont ils se comportent en présence des divers réactifs.

Il est bon d'ajouter que le mode de préparation et le plus ou moins de rapidité de la solidification, s'ils modifient considérablement les dimensions des cristallites, ne semblent pas influer autrement sur la constitution de l'alliage.

Nouveau procédé de **stérilisation par la chaleur sous pression,** par M. W. Kuhn. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie.*)

Ce procédé consiste à chauffer le liquide, vins, bières, lait, etc., en vases clos et pleins au moyen d'un serpentin ou faisceau de tubes où passe un courant d'eau chaude ou froide, selon qu'on veut chauffer ou refroidir. Dans ces conditions, le liquide ainsi stérilisé sous une pression qui peut devenir très considérable par la dilatation, ne perd aucun arome et ne prend pas de mauvais goût.

Notes de mécanique.

Nous signalerons dans ces notes un travail très remarquable sur les accidents aux chaudières fait par une Commission de la *Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche*, divers types de roulement sur billes avec application à une transmission hélicoïdale, l'emboutissage des raccords de vélocipèdes, etc.

ANNALES DES MINES

2e livraison de 1897.

Recherches sur la dissolution, par M. Le Chatelier, Ingénieur en chef des mines.

L'auteur indique que l'objet de ce mémoire est de résumer les résultats théoriques relatifs à la dissolution qu'il a antérieurement déduits des principes de la thermodynamique, et de donner les résultats expérimentaux des recherches plus récentes faites par lui sur la solubilité mutuelle ou la fusibilité des sels fondus et de quelques alliages.

Le mémoire débute par des considérations sur les divers états de la matière, les lois qui règlent les transformations allotropiques, l'étude des mélanges homogènes ou non, combinaisons chimiques, dissolution, les lois théoriques de la dissolution déduites des principes de l'énergétique (généralisation de la thermodynamique), lois qui sont au nombre de cinq : 1° la loi des facteurs de l'équilibre chimique; 2° la loi d'équivalence des systèmes chimiques, et 3° la loi du déplacement de l'équilibre chimique; 4° la loi de l'équilibre isochimique et 5° la loi de solubilité proprement dite.

On trouve ensuite l'étude des courbes de solubilité et des conclusions tirées de la forme de ces courbes avec application aux mélanges, aux verres, aux liquides non miscibles, etc.

Note sur l'**incendie du puits Hermenegilde** (Silésie Autrichienne), par M. L. Champy, Ingénieur des mines.

Cet incendie, survenu le 14 janvier 1896, et qui a fait 27 victimes, parait avoir dû son origine à une conduite électrique posée dans le puits.

La cause aurait été la rupture d'un des conducteurs et la formation d'un arc continu qui a enflammé l'enveloppe bitumée, puis les baguettes de bois destinées à protéger le conducteur contre les chocs.

A la suite de cet accident, on décida de mettre hors de service les installations électriques des mines de la Compagnie jusqu'à ce qu'elles fussent revisées d'après les règlements de l'ordonnance belge de 1895 sur l'emploi de l'électricité dans les mines. D'autres précautions doivent d'ailleurs être prises pour empêcher la propagation de l'incendie dans les mines, quelle que soit la cause à laquelle cet incendie est dû.

Sur **le tassement des argiles** au sein des eaux, par M. J. Thoulet, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

On sait que de l'argile mélangée à de l'eau de manière à former un liquide laiteux, descend lentement dès que le liquide est abandonné au repos et se dépose en couche horizontale au fond ; la hauteur de cette couche diminue peu à peu jusqu'à ce qu'elle paraisse avoir acquis un tassement limite.

L'auteur étudie les conditions de ce phénomène qui présente de l'intérêt au point de vue de la formation des couches sédimentaires argileuses au sein des eaux.

Des expériences préliminaires, faites avec un flacon de verre et du plomb de chasse, ont donné des renseignements utiles sur les lois du tassement qui augmente à mesure que la dimension des grains diminue et sur ce qui se passe lorsqu'on opère ce tassement avec compression. D'autres expériences ont été faites pour rechercher l'influence exercée par les dimensions de la couche argileuse; on a trouvé que le tassement par chocs est d'autant plus grand que la hauteur de la couche est moindre et que le tassement est indépendant de la dimension de la surface de base de la couche.

De plus, pour une même espèce d'argile, le tassement par chocs l'emporte beaucoup sur le tassement par compression. Il peut être presque le double. Pour des variétés différentes, il est très variable et semble être d'autant plus grand que l'argile est moins liante. Au point de vue géologique, il en résulterait que la contraction par asséchement et, par suite, l'affaissement consécutif des couches rocheuses susjacentes seraient d'autant plus grands que l'argile est plus grasse.

Abaque des consommations théoriques des machines à vapeur et nouvelle loi relative à la vapeur d'eau, par M. Rateau, Ingénieur des mines.

L'auteur calcule l'énergie qu'il est possible de retirer d'un kilogramme de vapeur, fonctionnant dans une machine parfaite, entre la pression absolue d'amont P et la pression d'aval avec détente adiabatique complète jusqu'à p et en conclut les consommations théoriques de vapeur k par cheval-heure pour les diverses différences entre P et p; il a réuni ces résultats dans un abaque.

Bien que ces résultats ne paraissent pas avoir d'intérêt immédiat pour la pratique où les détentes adiabatiques n'existent pas et en l'absence d'une relation définie et constante entre ces consommations théoriques

et les consommations réelles, il est à signaler que, si on trace les résultats sur l'abaque avec des coordonnées logarithmiques, log. p en abscisses et log. P en ordonnées, on constate que les points d'égale consommation se trouvent sur des lignes droites dans des limites extrêmement étendues.

La formule des consommations k en fonction des pressions extrêmes P et p est :

$$k = 0{,}85 + \frac{6{,}95 - 0{,}92 \log P}{\log P - \log p}.$$

On peut signaler la découverte de cette loi et de cette formule curieuses comme une conséquence de l'emploi des abaques qui se présentent comme un instrument de recherches des plus précieux.

Expériences sur **les lampes de sûreté à rallumeur.** — Rapport présenté à la commission du grisou, par M. Chesneau, Ingénieur des mines, Secrétaire de la Commission.

Les lampes à rallumeur présentées par M. E. Guichot sont de deux systèmes : une lampe à huile munie d'un rallumeur à allumettes-bougies, et des lampes à essence munies de rallumeurs à amorces.

Les expériences ont fait voir que, dans les premières, le rallumeur fonctionne convenablement, et l'allumette-bougie dure assez longtemps pour pouvoir rallumer, en général, une mèche alimentée par de l'huile de colza. Les conditions de sécurité n'en sont pas modifiées, puisque l'inflammation du mélange explosif à l'intérieur de la lampe ne peut allumer qu'une allumette à la fois.

Dans le rallumeur à amorces, les résultats ont été également satisfaisants et aucune amorce n'a été enflammée par l'action du mélange explosif, même avec des mélanges au maximum d'explosibilité animés d'une vitesse allant jusqu'à 10,80 *m*; les conditions de sécurité des lampes ne paraissent pas non plus modifiées par l'adjonction de ce second rallumeur.

3e livraison de 1897.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers en 1895 et en 1896.

La production totale des combustibles minéraux s'est élevée, en 1896, à 29 310 832 *t* contre 28 019 893 pour l'année précédente ; sur ce total, il y a seulement 440 000 *t* de lignite, chiffre à peu près identique à celui de 1895.

Pour la houille et l'anthracite, la première place appartient au Nord et Pas-de-Calais qui figurent pour 17 millions de tonnes, soit près de 60 0/0 du total ; ensuite vient la Loire avec 3,5 millions et le Gard avec 1,8 millions. Pour le lignite, le bassin du Fuveau produit 369 000 *t* sur un total de 440 000.

La production des fontes a atteint, en 1896, le chiffre de 2 333 702 *t*

ou augmentation de 329 800 en 1895. Sur ce total, il y a 2 309 600 *t* de fonte au coke, 8 860 de fonte au bois et 15 200 *t* de fonte mixte. Le département de Meurthe-et-Moselle a produit 1 455 000 *t*, soit les deux tiers; après lui vient le Nord avec 264 000 *t* et Saône-et-Loire avec 100 000 environ.

La production du fer s'est élevée à 814 600 *t*, en augmentation de 57 800 sur 1895. Sur ce total, il y a 589 000 *t* de fer puddlé, 6 200 de fer affiné au charbon de bois, et 219 200 de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons ; ce dernier chapitre est en diminution notable sur l'année précédente, où la production de cet article avait été de 253 000 *t*.

Autrefois, c'était la Seine qui tenait la tête pour le production du fer avec les vieux fers et riblons; en 1896, elle ne figure que pour 28 700 *t*, alors que le Nord arrive avec 91 000 *t*.

La fabrication des rails entre en 1896 pour 876 *t* contre 214 l'année précédente.

La production des lingots d'acier a été de 1 128 700 *t*, en augmentation de 253 000 *t* en 1895.

La production totale des aciers ouvrés a été de 883 500 en augmentation de 169 000 *t* sur 1895. On voit que cette production est légèrement supérieure à celle du fer.

Sur le total des lingots, on compte 727 000 *t* de lingots Bessemer et 402 000 de lingots produits au four Martin ; il a été produit 13 000 *t* d'acier puddlé ; 1 200 d'acier cémenté, 10 000 d'acier fondu au creuset et 7 200 d'acier obtenu par réchauffage de vieil acier ; ce dernier et l'acier puddlé sont en notable augmentation sur les quantités correspondantes de 1895.

Les tôles d'acier entrent pour 212 000 *t*, en augmentation de 29 000, et les rails pour 171 000 *t*, en augmentation de 18 000 *t* sur l'année précédente.

Étude sur **les champs aurifères de l'Afrique du Sud** (Lydenburg, Knap et Charterland), par M. A. Bordeaux, Ingénieur civil des mines.

C'est une étude très complète de ces diverses contrées, au point de vue géologique et minéralogique et à celui de ce qu'on peut attendre des gisements aurifères à créer ou déjà en exploitation. Cette étude comprend des aperçus sur la législation minière en vigueur au Charterland et dont l'un des caractères principaux est un droit de 50 0/0 prélevé par le gouvernement sur les actions émises à la fondation de toute société d'exploitation. On trouvera aussi des considérations sur l'établissement des chemins de fer qui doivent être considérés comme le plus puissant moyen de colonisation et de mise en valeur d'un pays nouveau.

Notice sur **la vie et les travaux de M. Massieu**, Inspecteur général des mines, par M. E. Nivoit, Ingénieur en chef des mines.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mars 1897.

District de Paris.

Séance du 8 février 1897.

Communication de M. Émile Demenge sur **les températures critiques du fer et de l'acier.**

On a admis que les aciers et fers deviennent fragiles au bleu, c'est-à-dire à une température d'environ 280°. Ces faits ont été, d'après l'auteur, signalés pour la première fois par M. Valton en 1875. Ils ont été étudiés depuis à diverses reprises. La note rend compte des expériences récentes de M. Kurzwenhart, directeur des mines de Teplitz, publiées dans le *Stahl und Eisen*, et faites à la suite d'un accident survenu à une chaudière, lors de l'essai à la presse hydraulique. On put reconnaître, tout d'abord, que la fragilité était due à un écrouissage et les recherches effectuées permirent de constater que ce n'était pas la chaleur bleue qui était la plus dangereuse, mais bien la couleur jaune lumière correspondant à la température de 220 à 240°.

D'après des recherches de l'auteur, la fragilité de l'acier est plus accentuée pour le métal dur que pour le métal doux et la température la plus défavorable au pliage doit se trouver aux environs de 250° pour l'acier à 40 *kg* de résistance et de 235° pour l'acier à 48 *kg*. Ces résultats sont bien en concordance avec ceux de M. Kurzwenhart.

Pour le travail des métaux, on doit l'opérer à la plus haute température admissible, ou, si c'est possible, à froid; l'emboutissage à la presse permet d'opérer assez rapidement pour que la température n'ait pas le temps de s'abaisser par trop; les tôles ne sont pas fatiguées et présentent toute sécurité dans leur emploi.

District de Saint-Étienne.

Séance du 6 mars 1897.

Dans cette séance, il n'y a à signaler que deux comptes rendus, l'un, d'un ouvrage de notre collègue M. de Perrodil, sur le carbure de fer et l'acétylène (voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*, octobre 1896) et l'autre, de l'ouvrage intitulé : *Recueil de procédés de dosage pour l'analyse des combustibles*, etc., par M. G. Arth, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 3 avril 1897

Séance du 9 février 1897.

Communication de M. Van Ameyde van Duyn sur le pont construit par lui à Hasfelt. Ce pont a une longueur de 100 *m*, trois travées fixes et deux tournantes ; la largeur du tablier est de 5,90 *m* Les piles et culées sont construites sur puits en maçonnerie, mode de construction peu employé en Hollande et qui a très bien réussi. Les puits ont été descendus jusqu'à 6.5 *m* et 7 *m* au-dessous du niveau de l'eau. La dépense totale n'a pas atteint tout à fait 130 000 *f*.

Impressions de voyage sur l'Amérique du Nord, par M. J. de Koning. Cette communication traite des habitations, édifices publics, industrie, chemins de fer et tramways, et en particulier de l'emploi de l'électricité comme force motrice.

Livraison du 10 avril 1897.

Reconstruction d'un pont tournant pour chemin de fer, par M. G. W. van Henkelom. La description de ce travail donne en même temps un aperçu des dommages causés au pont par le déraillement d'une locomotive.

Étude de M. Kist sur la répartition des forces dans une charpente de second ordre.

Note de M. Haitink sur la vaporisation dans les chaudières.

SOCIETÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 14. — *3 avril 1897.*

Distributions d'eaux américaines, par F. Kreuter *(fin)*.

Les marines militaires d'aujourd'hui, par Neudeck *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Extraction et emploi du lignite dans les provinces rhénanes. — Le bateau rouleur Basin.

Groupe de Hambourg. — Historique de la construction des ponts métalliques.

Groupe de la Prusse-orientale. — La soupape de Liebenow comme complément et moyen de sûreté pour les compteurs à eau.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Construction de l'usine Maximilien à Lichtentanne près Zwickau.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Bibliographie. — Dictionnaire des mots étrangers concernant les administrations, les sciences et l'industrie avec leur équivalent allemand, par A. Hausding.

Variétés. — Union des Associations prussiennes de surveillance d'appareils à vapeur.

N° 15. — *10 avril 1897.*

Les moteurs à gaz et à pétrole à l'Exposition nationale suisse à Genève et à l'Exposition industrielle de Berlin en 1896, par E. Meyer *(suite)*.

Compresseur étagé, système Köster, par L. Kaufmann.

Tour-observatoire sur la Josephhöhe, à Stolberg dans le Harz, par Ernst Hendorff.

Machine à cisailler les fers à T et profils analogues, par K. Specht.

Diagramme polaire à deux centres pour distribution par tiroir, par A. Brix.

Groupe de la Franconie et du Haut-Palatinat. — Exploitation des mines dans le Harz supérieur.

Groupe de Hambourg. — Jaugeage des navires.

Variétés. — Les chemins de fer allemands dans l'exercice 1895-96.

N° 17. — *17 avril 1897.*

Ordre du jour de la XXXVIIe session générale de l'Association des Ingénieurs allemands, à Cassel, du 13 au 17 juin 1897.

Diagramme thermique de la vapeur saturée et son emploi dans les machines caloriques et frigorifiques, par Ugo Ancona.

La régularisation de l'embouchure de la Vistule, par Albert Rudolph *(fin)*.

Bibliographie. — Coup d'œil sur les installations fumivores pour chaudières, en Saxe.

Variétés. — Association allemande d'hygiène publique.

N° 17. — *24 avril 1897.*

Les chemins de fer et la construction des locomotives au Japon, par Eugène Brückmann.

Observations sur la géométrie de l'espace, par A. Hübner.

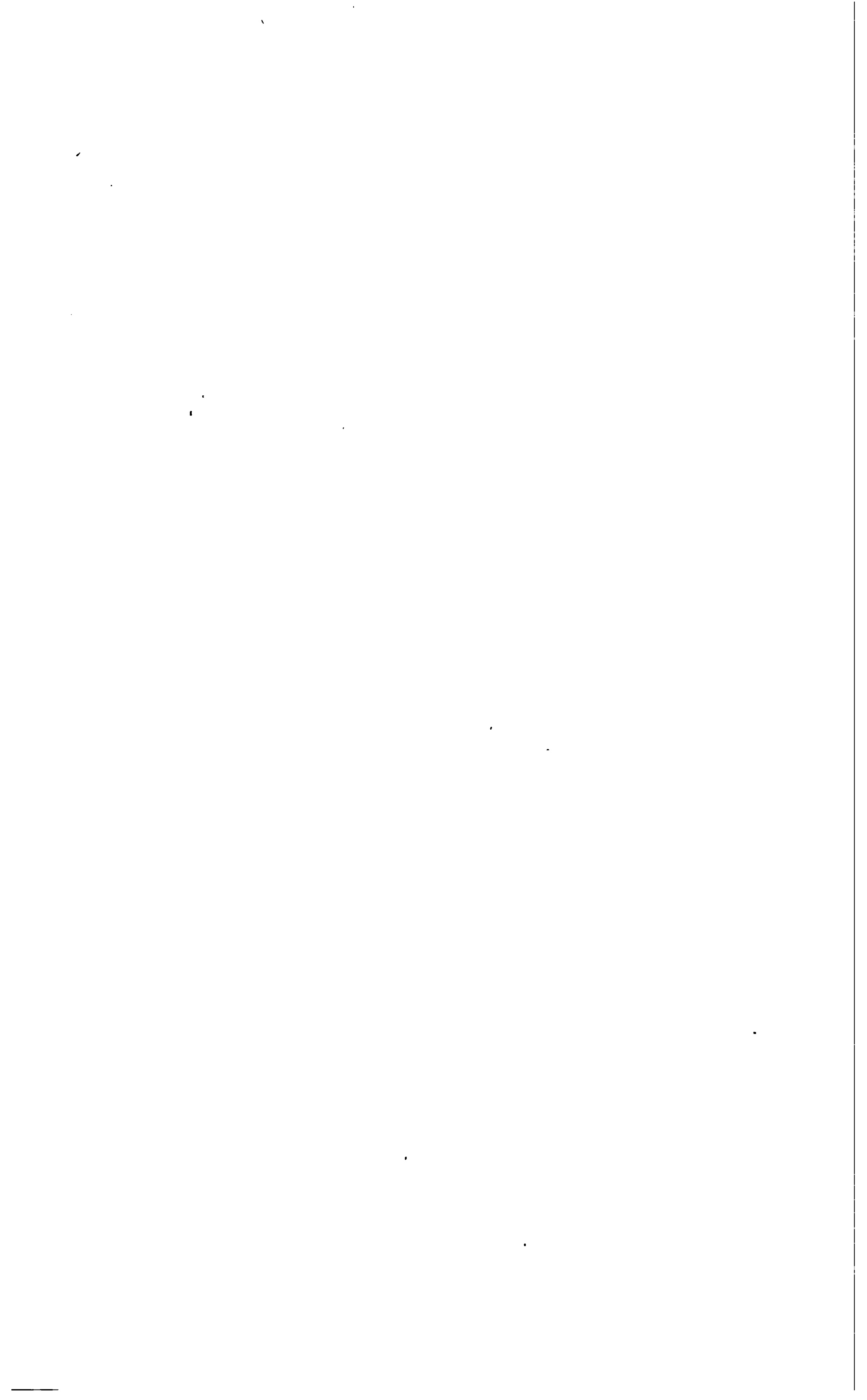
Groupe de la Franconie et du Haut-Palatinat. — Entretiens sur le fer soudé et le fer fondu.

Bibliographie. — Coup d'œil sur les installations fumivores pour chaudières, en Saxe.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 9060-4-97. — (Encre Lorilleux).



CARTE DU SOUDAN

— Chaud

elleville

Fig. 9

ıe d'essais de vaporisation

Légende . Fig 9.

la température initiale de l'eau était de 20°

elle était de 13° seulement

Auto-Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

tudinale

Fig. 16 *bis*.

des essais du "

94	13/4 95	13/4 95	15/3 95
res	6 heures	3 heures	4 heures

Minimum permis de combustion pour obtenir la puissance de 3000 chevaux

350gr

Références

ue au marche

ée aux essais

ue maximum au marc

F isée aux essais

par mètre² de grille he

ue longitudinale

Outil po

1,165

Trou d'homme de 300/400

2,080

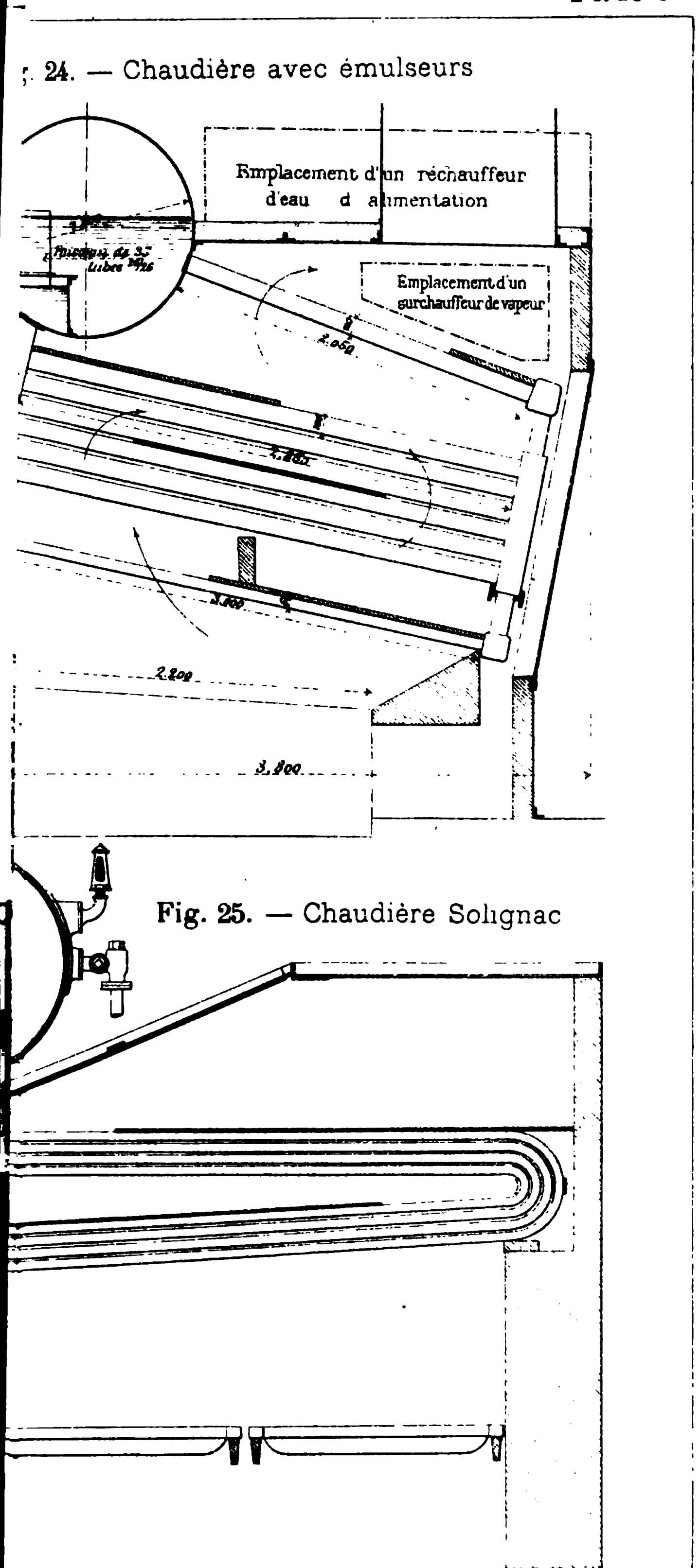
2m 395

grille . 1 860

Registre d'admission d'air à la boite d'insufflation

Auto Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

24



;. 24. — Chaudière avec émulseurs

Fig. 25. — Chaudière Solignac

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1897

N° 5.

Sommaire des séances du mois de mai 1897 :

1° *Hydrologie de la région méridionale du Sahara Algérien* (Résultat des voyages de M. F. Foureau au point de vue de la géologie et de l') voir bulletin d'avril, p. 383 et 384). Lettre de M. J. Bergeron (Séance du 7 mai), page 596;

2° *Salle des séances* (Acoustique de la) (Séance du 7 mai), page 597;

3° *Incendie du Bazar de la Charité* (Séance du 7 mai), page 597;

4° *Décès* de MM. A. Masure, F.-S.-L. Ulens (Séances des 7 et 21 mai), pages 597 et 606;

5° *Décorations* (Séances des 7 et 21 mai), pages 597 et 606;

6° *Nominations :*

De M. J. Garnier, comme membre d'honneur de la Société Géologique de l'Afrique du Sud;

De M. L. de Chasseloup-Laubat comme membre associé de l'Institution of Naval Architects;

De M. A. Houlon, comme membre des Comités départementaux de l'Exposition de 1900, arrondissement de Reims;

(Séances des 7 et 21 mai), pages 598 et 606;

7° *Médaille d'argent du prix Charles Grad* (grande), décernée à M. H. Vallot, par la Société de Géographie (Séance du 21 mai), page 606;

8° *Élection de M. L. Salomon comme membre du Comité de la Société pour la fin de l'exercice de 1897, en remplacement de M. E.-C. Levassor, décédé* (Séance du 7 mai), page 598;

9° *Motocycles* (programme d'une discussion détaillée sur les), (Envoi de la Western Society of Engineers) (Séance du 7 mai), page 598;

Pendant le mois de mai 1897, la Société a reçu :

36612 — De M. S. Czyszkowski (M. de la S.). *Les venues métallifères de l'Espagne, Portugal, Pyrénées, Corbières, Montagne-Noire, Maures, Corse, Sardaigne, par M. S. Czyszkowski* (in-8° de 436 p. avec 17 pl.). Paris, Arnaud, 1897.

36613 à 36615 — Du Ministère du Commerce. *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée sous les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Tome LXXXVII, 1re, 2e et 3e parties. Année 1893.* Paris, Imp. Nat., 1897.

6616 — Du Ministère des Travaux publics. *Annales des Ponts et Chaussées. Personnel 1897, n° 3 bis.* Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

36617 — *Statistique des Sociétés savantes ayant leur siège à Paris, 1894* (Extrait de l'Annuaire statistique de la Ville de Paris pour l'année 1894) (grand in-8° de 36 p.). Paris, Imp. Municipale, 1897.

36618 — De MM. Hill, Clarke and C°. *Catalogue of Machine Tools, Hill Clarke and C°. Iron-Working, Machine Tools, Machine-Shop Supplies and Pattern Makers' Machinery. 1897* (in-8° de 402 p.). Boston, 1897.

36619 — De MM. Hill, Clarke and C°. *A Telegraphic Code for use in connection with the Machinery Blue Book. Published Hill, Clarke and C°, 1897* (in-8° de 48 p.). Boston, 1897.

36620 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics. Routes nationales. Recensement de la circulation en 1894* (grand in-4° de 112 p. avec 2 cartes). Paris, Imp. Nat., 1896.

36621 — De M. A. Ronna (M. de la S.). *De l'assainissement des villes et des cours d'eau aux États-Unis, par M. A. Ronna.* (Extrait des Bulletins de novembre et décembre 1896 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (petit in-4° de 111 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1896.

36622 — De la Rivista Mineria Metalurgica y de Ingenieria. *Anuario de la Mineria Metalurgia y Electricidad de España. Año IV, 1897.* Madrid, 1897.

36623 — De M. W.-L. Scaife. *Circular of Information concerning the X-Ray apparatus of the Academy of Science and Art of Pittsburgh* (in-8° de 8 p.). Pittsburgh, 1897.

36624 — De M. P. Mocqueris (M. de la S.). *Méthode de traitement des grignons d'olives au moyen de sulfure de carbone, à l'usine des huileries du Sahel Tunisien, par M. Paul Mocqueris* (Association française pour l'avancement des Sciences. Congrès de Carthage, 1896) (in-8° de 14 p.). Paris, Secrétariat de l'Association, 1897.

36625 — De M. Gaston Féral. *Observations météorologiques sur les pluies générales et les tempêtes, par Gaston Féral* (in-8° de 22 p.). Albi, Imp. typo.-lith. des apprentis orphelins, 1897.

36626 — De M. P. Berthot (M. de la S.). *Note sur une loi empirique reliant le rayon moyen orbitaire, la masse et la pesanteur à l'équateur des planètes, par P. Berthot* (Extrait du Bulletin Astronomique, avril 1897) (in-8° de 2 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897.

36627 — De M. P. Vicq-Dunod et Cie, éditeurs (M. de la S.). *Les dynamos. Principes, Descriptions, Installation, Conduite, Entretien, Dérangements, par J.-A. Montpellier* (Bibliothèque pratique de l'Electricien) (grand in-8° de 448 p. avec 303 fig.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

36628 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *De l'habitation dans le département de l'Oise. Son hygiène, par G. Baudran* (in-8° de 195 p. avec plans et vues photographiques). Paris, Firmin-Didot et Cie, 1897.

36629 — *Annuaire des chemins de fer, 1897, 12e année. Rédigé d'après les documents officiels, par E. Marchal.* Paris, 14, rue Froissart.

36630 — De la Secretaria de Fomento. *Cultivo y beneficio del cacaotero por Leandro Martinez* (in-8° de 108 p.). Mexico, 1894.

36631 — De M. J. de Rey-Pailhade. *Congrès internationaux de Londres et de Berlin. Projet d'éphémérides astronomiques et géographiques dans le système décimal, par J. de Rey-Pailhade* (grand in-8° de 12 p.). Paris, Imp. Lagarde et Sébille, 1896.

36632 — De M. L.-F. Vernon-Harcourt. *Report of the River Hugli, by L.-F. Vernon-Harcourt, December 1896* (in-4° de 96 p. avec 12 pl.). Calcutta, 1897.

36633 — De The Inspector general of Customs. *China. Imperial Maritime Customs. III Miscellaneous series : n° 6, List of the Chinese Lighthouses, Lightwessels, Buoys and Beacons for 1897. Twenty-fifth Issue.* Sanghaï, 1897.

36634 et 36635 — De l'University of the State of New-York. *University of the State of New-York. Regents Report 108, 1 et 2, 1894.* Albany, 1895.

36636 et 36637 — De l'University of the State of New-York. *University of the State of New-York. Examination Department. Annual Report 1894 et 1895.* Albany, 1895 et 1896.

36638 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Électromoteurs et leurs applications, par G. Dumont* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 183 p,). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1897.

36639 — De M. P. Vicq-Dunod et Cie, éditeurs (M. de la S.). *Bibliothèque du conducteur de travaux publics. Droit administratif, par Paul Touzac* (in-16 de 511 p.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

36640 — Dito. *Bibliothèque du conducteur de travaux publics. Législation et contrôle des appareils à vapeur, par T. Cuvillier* (in-16 de 388 p.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

36641 — De la Compagnie générale des voitures à Paris. *Compagnie générale des voitures à Paris. Assemblée Générale ordinaire du 26 avril 1897. Rapport du Conseil d'administration sur les comptes de l'exercice 1896* (in-4° de 32 p. avec 8 tabl.). Paris, Maulde, Doumenc et Cie.

36642 — De M. L. Francq (M. de la S.). *Sur la traction mécanique dans Paris, par Léon Francq* (grand in-8° de 14 p.). (Extrait du Bulletin, séance du 3 mars 1897, de la Société internationale des électriciens). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897.

36643 — De la Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne. *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne. Bulletin n° 42, 1896.* Saint-Quentin, Ch. Poette, 1897.

36644 — De M. Walther-Meunier (M. de la S.). *Grundsätze für die Berechnung der Materialstärken neuer Dampfkessel (Hamburger Normen 1896) und Grundsätze für die Prüfung der Materialien zum Baue von Dampfkesseln (Würzberger Normen 1895). Tabellen über die Blechdicken und Durchmesser der Flammohre von Dampfkesseln von G. Eckermann* (in-18 de 52, V, 24 p.). Hamburg, 1896.

36645 — De MM. Arnaud et Cie. *Album national et Dictionnaire de l'industrie, 1896.* Paris, Arnaud et Cie, 1896.

36646 — De M. A. Fayolle (M. de la S.). *Le guide-adresses français. Annuaire de la Métallurgie, du Génie Civil et de l'Entreprise, contenant, réunies dans un seul chapitre pour chaque profession, les listes d'adresses de toute la France (Paris et Départements). Publié par la Rédaction de la Métallurgie. 1897.* Paris, 20, rue Turgot, 1896.

36647 — De la Compagnie du chemin de fer du Nord. *Compagnie du chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 28 avril 1897. Rapport présenté par le Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale.* Lille, L. Danel, 1897.

36648 — De M. D.-G.-J. de Guillen-Garcia (M. de la S.). *Altimetria. Medicion de Alturas por medio del barometro del hipsometro y del fotogrametro, Alturas de muchos puntos de Cataluña, por D. Guillermo J. de Guillen-Garcia* (in-8° de 91 p.). Barcelona, 1897.

36649 — De la Chambre de Commerce de Paris. *Chambre de Commerce de Paris. Travaux de la Chambre de Commerce de Paris pendant l'année 1896.* Paris, Imp. Réunies, 1896.

36650 — De M. William Barclay-Parsons (M. de la S.). *Board of Rapid Transit Railroad Commissioners of the City of New-York.* (Atlas format grand in-8° oblong de 66 pl.). New-York, 1897.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mai 1897, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

E. ANTHOINE,	présenté par MM.	Lippmann, Buquet, Rey.
J.-L. ARNAUD,	—	Montel, Schrœder, Zaborowski.
M. AUMARD,	—	de Dax, Gruner, Zaba.
M. BAER,	—	Lippmann, Guérin, Lippmann fils.
Ch.-R. BAFFREY,	—	Degeorge, Meyer-May, Rousselle.
A. BARY,	—	Molinos, Zbyszewski, de Dax.
R.-M.-G. DE BATZ,	—	Dumont, Périssé, Manaut.
G.-J.-M. BESANA,	—	Besson, Jannettaz, Quiniou.
G. BEURET,	—	Dumesnil, Lippmann fils, Martinez.
Ch.-M.-J. BISEAU,	—	Merklen, E. Vallot, H. Vallot.
A. BLUM,	—	Brüll, Lippmann, Porte.
J. BONIFAY,	—	Lippmann, Badois, Duparchy.
P.-A.-B. BORDÉ,	—	Lippmann, Carpentier, de Dax.
A.-Ch.A. BOUDON,	—	Becard, Delaloe, Jannettaz.
A. BOUVARD,	—	de Dax, Duchesne, de Tedesco.
V. BRUEDER,	—	Lippmann, Delatte, Masure.
F. CANTERO Y VILLAMIL,	—	Molinos, F. Cantero, de Dax.
H.-E.-A. COUSIN,	—	Clerc, de Marchena, de Perrodil.
Ch.-P. DELAPORTE,	—	du Bousquet, Leprince-Ringuet, Rodrigue.
G.-L.-E. DELPLACE,	—	Lippmann, Guerbigny, Picard-Méry.
Ch. DEMONET,	—	Lippmann, Buquet, Bauquel.
E. DESCHAMPS,	—	Lippmann, Levassor, de Dax.
H.-A. DOINEAU,	—	Lippmann, Keromnès, Pulin.
P. DUBAR,	—	Duchesne, Etcheverry, de Tédesco.
A. DUBOIS,	—	Baudet, Donon, Nicolle.
P.-P. FAURE,	—	Avisse, Bougault, Despaux.
Ch.-P. GAUCHERY,	—	Lippmann, Guérin, Lippmann fils.
A. GERBOLD,	—	Dumont, Baignères, Delmas.
A.-P.-J. GUERLET,	—	Lippmann, Dumont, Sauvaget.
E.-E. GUIBERT,	—	Lippmann, Dumont, Danois.
M. HIRSCH,	—	Dumont, S. Périssé, L. Périssé.
L.-F. HUBERT,	—	du Bousquet, Keromnès, Rodrigue.
L.-C. JOURNOLLEAU,	—	Lippmann, Loutreuil, Rey.
Ch. KARCHER,	—	Durupt, Escande, Retterer.
A.-E.-A. LAMARLE,	—	Lippmann, L. de Chasseloup-Laubat, Guérin.
A.-H.-J. LE BRUN,	—	Coiseau, Henry, Kumps.
E.-N. LEGÉNISEL,	—	Chassevent, Legénisel, Parisse.

P. Leroy, présenté par MM. Lippmann, Escande, Lippmann fils.
A. Leroy, — Lippmann, Jaunet, Lippmann fils.
P.-E. Lombard, — d'Allest, Molinos, Stapfer.
M. Michon, — Broca, E. Coignet, Grosselin.
H. Panhard, — Levassor, Michaud, Panhard.
A.-E. Perrin, — Baignères, Jousselin, Dumont.
P.-L. Piaud, — Lippmann, de Dax, Duchesne.
A. Poidatz, — André, Fontaine, Mesureur.
E. Progneaux, — de Gaechter, Mahler, Pourcel.
L.-V. Rancelant, — de Banville, Escande, Lescasse.
H. Regnier, — Bihet, Carimantrand, Mallet.
M.-J.-J. Rigolage, — Regnard, P. Rigolage, Viennot.
F. Rognetta, — Dollot, Jordan, Wurgler.
P.-E. Ruef, — Lippmann, Guérin, Lippmann fils.
Ch.-J. Schmidt, — Lippmann, Van den Berghe, de Dax.
E.-W. Schoukhoff, — Molinos, Zbyszewski, de Dax.
H.-E. Seemuller, — Chapman, Oughterson, Vaslin.
F.-G. Steenmann, — Buquet, Couriot, Imber.
A.-F.-A. Tabourin, — Lippmann, de Dax, Massalski.
Ch.-V. Thierry, — Brandon, Courtier, Mennons.
J.-H. Thomas, — Berthier, Lesourd, Maglin.
L. Turgan, — Duchesne, de Dax, de Tedesco.
J.-P. Valette, — Burgaleta, Mathieu, de Séprès.
A. de Wendrich, — Lippmann, Herzenstein, de Dax.
V. Wigoura, — Molinos, Zbyszewski, de Dax.
E. de Zelenkoff, — Lippmann, Zbyszewski, de Dax.
M.-A. Zolkiewski, — Lippmann, Zbyszewski, de Dax.

Comme Membres associés MM. :

J. Baudouin, présenté par MM. Gallais, Mallet, de Dax.
J. Bertin, — Duchesne, Barade, de Tedesco.
A. Boucley, — Duchesne, Etcheverry, de Tedesco.
G. Drin, — Duchesne, de Tedesco, de Dax.
A.-Ch. Dulac, — Bougarel, de Dax, Legénisel.
L.-M. Dulac, — Bougarel, de Dax, Legénisel.
E.-A. Fayolle, — Lencauchez, Mamy, E. Simon.
P. Gourdon, — Henry, Martinez, Vaillant.
E.-J. Legénisel, — Delage, Poulot, Roger.
A.-A. Leroux, — Pélissier, Vaugeois, Letort.
J. Pierson, — Lippmann, Dumont, Baudoux-Chesnon.
O.-G. Pierson, — Lippmann, Badois, Baudoux-Chesnon.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 MAI 1897

Présidence de M. Ed. Lippmann, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président fait donner lecture de la lettre suivante que M. J. Bergeron lui a adressée pour répondre à celles de MM. Hermann Bernard et Rolland qui ont été lues à la dernière séance.

« *6 mai 1897.*

» Monsieur le Président,

» A propos des lettres de MM. Hermann Bernard et Rolland parues dans le procès-verbal de la séance du 23 avril, je tiens à dire que les idées que j'ai exposées devant la Société des Ingénieurs Civils de France dans la séance du 22 janvier dernier, relativement au tracé du Transsaharien par le Tassili des Azdjer, me sont personnelles. Je me suis, d'ailleurs, placé à un point de vue purement théorique, et je n'ai jamais eu l'intention de donner un tracé du Transsaharien. Il n'est donc pas question, comme le croit M. H. Bernard, de gagner la direction de Rhat, ni de reprendre le tracé de M. Fournié. J'ai simplement voulu montrer comment les renseignements géologiques et hydrologiques fournis par M. Foureau pouvaient être utilisés.

» D'autre part, je ne vois pas comment les deux derniers paragraphes de ma communication ont pu faire croire à M. Rolland que M. Foureau avait changé d'opinion relativement au tracé du Transsaharien. Dans ce que j'ai dit, il n'est nullement question de ce que pense M. Foureau; si j'avais rapporté sa manière de voir, j'en eusse fait mention.

» Je suis très heureux que mes conclusions soient celles de M. le commandant Bernard et de M. Bernard d'Attanoux; je ne connaissais

que les travaux de ce dernier explorateur, et encore par les comptes rendus des séances de la Société de Géographie, dans lesquels il n'est pas fait mention d'un nouveau tracé par le Tassili des Azdjer. C'est ce qui explique pourquoi je n'en ai pas parlé dans ma communication.

» J'aurais encore quelques mots à ajouter à ma communication du 22 janvier, mais j'attendrai, pour le faire, la discussion qui suivra la communication de M. Rolland que vous nous avez annoncée.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments dévoués.

» J. Bergeron. »

M. le Président fait remarquer que la disposition de la salle des séances a été modifiée momentanément par suite des nécessités de la location de la salle, et il invite ses Collègues à juger si l'acoustique est meilleure dans ces conditions.

M. le Président annonce en ces termes les deuils dont la Société a été frappée par l'incendie du Bazar de la Charité :

» La terrible catastrophe qui vient de plonger Paris et la France entière dans le deuil et l'affliction atteint nombre d'entre nous dans leurs affections de parenté et d'amitié. Nous prenons une grande part à la tristesse publique. Mais dans la trop longue liste de tant de malheureuses victimes, trois noms nous touchent de prés :

Nous adressons nos vifs témoignages de profonde sympathie à deux de nos infortunés Collègues, M. F.-A. Jacqmin et M. L. de Clercq, qui ont eu l'un et l'autre l'immense douleur de perdre leur jeune fille dans cet horrible drame.

C'est avec une grande émotion que je prononce le nom d'Albert Masure qui a péri atrocement dans l'affreuse fournaise de la rue Jean-Goujon. Masure est mort victime de son dévouement et de son courage. Il était mon ami et j'avais eu le plaisir de le faire admettre dans notre Société il y a deux mois à peine. Il était heureux d'être arrivé à pouvoir se reposer de sa longue carrière industrielle, entouré de l'affection de sa noble compagne, dans la joie des deux charmants jeunes ménages de sa fille et de son fils; il dépensait la grande activité dont il jouissait encore à donner libre cours à sa tendre sollicitude pour tout ce qui touchait à sa chère École Centrale, à l'Association amicale des anciens élèves qui venaient de l'appeler à faire partie de leur comité !

Permettez-moi de transmettre à toute cette famille si cruellement éprouvée et à ses nombreux amis la douloureuse expression de nos vifs sentiments de condoléance.

Messieurs, nous pleurons avec le pays; mais il nous appartient de formuler des vœux, de trouver des moyens pour que l'humanité n'ait jamais plus à déplorer un aussi terrible désastre ! *(Assentiment unanime.)*

M. le Président fait ensuite connaître les heures des différents services funèbres.

M. le Président a le plaisir de faire part des nominations suivantes :

Ont été nommés officiers d'Académie : MM. H. Chevalier, L. Lemal, A. Neveu et J. Robin.

M. Jules Garnier a été nommé membre d'honneur de la Société géologique de l'Afrique du Sud. Cette nomination a été faite à la suite de la traduction et de la publication dans le bulletin de cette Société du mémoire fait par M. J. Garnier en collaboration avec M. Pascal Garnier, son fils, sur l'or et le diamant au Transvaal et au Cap, travail qui a paru dans notre *Bulletin* mensuel.

M. L. de Chasseloup-Laubat a été nommé membre associé de l'Institution of Naval Architects à la suite de sa communication sur la bataille du Yalou.

M. le Président rappelle qu'ainsi qu'il a été annoncé dans la dernière séance, il va être procédé à l'élection d'un membre du Comité en remplacement de M. Levassor décédé.

La parole est immédiatement donnée aux membres qui désirent présenter des candidats, puis le scrutin est ouvert.

M. Louis Salomon est élu et proclamé membre du Comité pour la fin de l'exercice 1897.

M. le Président annonce qu'il a reçu de la « Western Society of Engineers » (173, Monadnock Block, Chicago, E. U.), le programme d'une discussion détaillée sur les motocycles. Ceux d'entre nous que la question intéresse pourront y prendre part soit en y assistant, soit en envoyant des mémoires qui devront être adressés à M. Nelson L. Litten, Secrétaire.

Parmi les ouvrages reçus depuis la dernière séance, M. le Président signale : *Les venues métallifères de l'Espagne, Portugal, Pyrénées, Corbières, Montagne-Noire, Maures, Corse, Sardaigne*, par M. S. Czyszkowski, et *Les dynamos, principes, descriptions, installation, conduite, entretien, dérangements*, par J.-A. Montpellier, offert par MM. P. Vicq-Dunod et Cie, éditeurs.

Etat de l'habitation dans le département de l'Oise, par M. G. Baudran, Secrétaire du Conseil central d'Hygiène, au sujet duquel M. E. Cacheux va dire quelques mots.

M. E. Cacheux dit que M. Baudran, après avoir parcouru le département de l'Oise dans tous les sens, relevé les plans des maisons dans lesquelles il a pu pénétrer, photographié celles dont l'aspect était curieux, fait remplir par les agents des Ponts et Chaussées un grand nombre de fiches établies d'après un modèle adopté par le comité des Travaux historiques et scientifiques pour faire une enquête sur l'habitation en France, a pensé qu'il rendrait service en condensant le résultat de ses observations dans un livre qui pourra être consulté avec fruit par toutes les personnes qui s'occupent de l'amélioration des petits logements dans notre pays.

Un des premiers résultats de l'œuvre de M. Baudran a été la création, à Beauvais, d'une Société d'habitations à bon marché, constituée de façon à pouvoir bénéficier des avantages de la loi du 30 novembre 1894, dite loi Siegfried.

Si M. Baudran a obtenu un premier résultat pratique dans la ville qu'il habite, il n'en est pas de même pour les masures qu'il décrit et qui existent encore en si grand nombre dans les communes rurales de son

département. Il serait bien difficile, en effet, à un particulier de construire assez d'habitations pour loger convenablement les personnes qui sont mal logées dans le département de l'Oise. On en trouve qui vivent dans des cavernes creusées dans la craie et qui n'ont pas de moyens avérés d'existence.

Le nombre des chaumières diminue sensiblement; en 1846 il était de 56 000 dans le département, il n'est plus aujourd'hui que de 18 082.

M. Cacheux est aussi embarrassé que l'auteur pour donner la marche pratique à suivre en vue de remédier à l'insalubrité des logements dans toutes les communes rurales, car toute amélioration au point de vue de l'hygiène exige une certaine dépense pécuniaire, et on constate que, dans le département de l'Oise, beaucoup de maisons sont inhabitées par suite des dépenses qu'il faudrait faire pour les remettre en état.

En sa qualité d'hygiéniste, l'auteur déplore l'absence d'eau potable dans beaucoup de communes, et il fait remarquer que si les habitants se donnaient la peine de recueillir les eaux pluviales, de faciliter leur écoulement et celui des eaux ménagères, d'éloigner les immondices des habitations, ils verraient diminuer dans des proportions considérables la mortalité élevée qu'il a constatée dans le département de l'Oise, et qui s'élève à plus de 22 par 1 000 habitants.

En résumé, il serait à souhaiter de voir suivre l'exemple donné par M. Baudran, car le jour où les Ingénieurs s'occuperont dans nos départements de l'amélioration des maisons, ils donneront une grande impulsion à l'industrie du bâtiment et à celles qui en dérivent. Il est bien évident qu'on ne pourra pas construire des maisons convenables partout, mais, dans bien des cas, des enquêtes analogues à celle qui a été faite par M. Baudran, permettront de constituer des Sociétés d'habitations à bon marché qui auraient de grandes chances de prospérité.

Pour encourager les recherches analogues à celle de M. Baudran, la Société française d'hygiène a mis au concours la question suivante: *État des petits logements dans les communes rurales et moyens pratiques d'améliorer ceux qui laissent à désirer au point de vue de l'hygiène et de la morale. Le concours sera clos le 1er décembre prochain.*

M. le Président remercie M. Cacheux en émettant l'espoir que l'appel de la Société française d'hygiène sera entendu.

M. le Président annonce que le meeting de l'Iron and Steel Institute se tiendra cette année à Londres du 10 au 15 août. Il annonce également que M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie nous a informés que l'on peut consulter au Ministère, 80, rue de Varenne, le mémoire descriptif (en langue espagnole) et les plans de la gare centrale projetée à Buenos-Ayres.

M. le Président fait part que la Société d'Économie sociale se réunit en Congrès cette année, à Paris, du 20 au 25 mai. La Société d'Économie sociale a inscrit, dans l'ordre de ses séances, une visite à l'hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France. Cette visite aura lieu le 20 mai, à huit heures et demie du soir. Les membres de la Société qui voudront assister à cette visite et à la séance qui en sera la suite sont prévenus qu'ils seront les bienvenus.

Enfin, nous avons reçu à l'occasion du Congrès que l'Association Française pour l'Avancement des Sciences va tenir à Saint-Etienne, du 5 au 20 août 1897, un avis de M. F. Reymond, ancien Président de la Société, Président des 3e et 4e sections du Congrès, invitant les Ingénieurs à faire des communications à ce Congrès.

La parole est à M. Duroy de Bruignac pour sa communication sur la *stabilité des bateaux à hélice sur houle et dans les girations.*

M. de Bruignac constatant les mécomptes que les navires causent assez souvent, et la complication de la plupart des calculs qui leur sont relatifs, se demande s'il n'y a pas parfois relation entre la complication et les mécomptes.

Aussi sent-on l'importance de simplifier, s'il est possible, même en peu de chose. Telle a été la pensée de ce travail qui comprend deux parties : une méthode simplifiée pour calculer la stabilité et des indications pour accroitre la sécurité dans les girations.

On a coutume d'apprécier la stabilité par la considération des métacentres et des fonctions qui s'y rattachent ; pour cela, on calcule les centres des carènes que l'on veut étudier, etc. Ces considérations ne sont pas sans difficulté, puisqu'elles ont donné lieu à des controverses entre savants de premier ordre ; peut-être aussi la complication s'est-elle accrue par la tendance à vouloir rendre analytiques des courbes qui ne le sont pas. M. de Bruignac croit que la marche actuelle peut être beaucoup simplifiée par le procédé suivant, qu'il expose en prenant le cas le plus simple et le plus usité, celui d'une carène cylindrique à génératrices horizontales oscillant suivant un plan normal à ces génératrices.

Il est à remarquer que les courbes métacentriques n'ont la signification qu'on y attache que parce qu'elles sont liées géométriquement aux bras de levier des couples de stabilité ou de redressement. Ces couples, formés de deux forces verticales égales chacune au poids du bateau et passant, l'une par le centre de gravité du bateau, l'autre par le centre de la carène liquide, sont l'élément essentiel de la stabilité. Il parait donc naturel et plus simple de calculer directement les bras de levier de ces couples.

Or, le bras de levier d'un couple étant, non pas la distance des points d'application des forces, mais la distance entre celles-ci, il s'ensuit qu'il n'est pas nécessaire de déterminer les centres de carène, mais seulement leur ordonnée verticale. C'est déjà une simplification de moitié.

Dans le détail du calcul, M. de Bruignac propose une simplification considérable, qu'il croit nouvelle. Au lieu de prendre les moments en divisant la surface-carène en tranches normales à la flottaison, il prend, pour diviser la surface, les diverses flottaisons que l'on veut étudier. Par là, on calcule une fois pour toutes chaque surface divisionnaire et son centre de gravité, au lieu d'avoir à répéter ce calcul autant de fois qu'il y a d'inclinaisons à étudier.

Ce procédé beaucoup plus rapide a, de plus, l'avantage de présenter les conditions de stabilité avec une clarté et une simplicité remarquables. Le mémoire en donne un exposé sommaire.

En terminant cette première partie de son exposé, M. de Bruignac

fait remarquer que les exigences de la stabilité et de l'habitabilité du bateau sont antagonistes ; car, plus le bras de levier du couple de redressement est long, plus le rappel est brusque et pénible. Concilier ces exigences est la grande difficulté des constructeurs.

Par suite, on accorde à la stabilité le moins possible ; et il serait, par conséquent, désirable que le couple de stabilité n'eût à parer qu'au roulis, sans avoir à sa charge aucun accident.

Ordinairement, les conditions sont à peu près les suivantes : Le centre de gravité, auquel s'applique la force centrifuge dans les girations, est peu au-dessous de la flottaison ; le centre d'action du gouvernail, celui de l'hélice et le centre de pression latérale de l'eau résistant au chavirement, sont sensiblement à moitié du tirant d'eau.

Alors, pourquoi les bateaux ne chavirent-ils pas sans cesse dans les girations, lorsque le couple de redressement est absorbé par la houle, le vent, etc. ?

Cela tient à ce que l'effet centrifuge, dans les girations, est relativement très faible. M. de Bruignac en indique la démonstration.

Néanmoins, il importe de parer à cet effet centrifuge ; car, s'il se produit lorsque le couple de redressement est absorbé par ailleurs, il continuera sans obstacle jusqu'au chavirement.

M. de Bruignac indique une disposition qui lui parait utile pour combattre l'effet centrifuge : Placer le gouvernail le plus bas possible et avoir deux gouvernails latéraux indépendants au-dessous de la flottaison... S'il y avait tendance au chavirement, on y opposerait une résistance puissante en ouvrant, de 55° environ, le gouvernail latéral du côté qui penche.

Par un beau temps, l'un des gouvernails latéraux pourrait exécuter seul la giration, sans aucune tendance centrifuge.

Un gouvernail entièrement compensé n'a aucune action centrifuge, théoriquement. Mais il faut craindre que les courants qui accompagnent le bateau ne neutralisent cet avantage apparent.

Si les exigences de détail de la construction permettaient de faire les murailles évasées, on pourrait, jusqu'à un certain point, augmenter en même temps la stabilité et l'habitabilité ; car on augmenterait à la fois le bras de levier du couple et le rayon de giration du bateau.

M. le Président remercie M. Duroy de Bruignac de son intéressante communication. C'est pour lui un vif plaisir de voir traiter à la Société des questions relatives aux constructions navales qui intéressent vivement l'art de l'Ingénieur, et qui ne figurent pas assez souvent dans les ordres du jour de nos séances.

M. A. Bergès a la parole pour présenter la communication qu'il a préparée avec M. L. Bravet sur *un projet relatif au tout à l'égout fermé et à l'éclairage électrique dans la ville de Lyon.*

M. A. Bergès expose la situation générale de la ville de Lyon au point de vue sanitaire.

La ville comprenait en 1896 avec sa banlieue, 600 000 habitants dont

466 767 dans l'enceinte de l'octroi. Le développement des voies publiques et des égouts est le suivant :

261 000 *m* de voies publiques
et 151 000 — d'égouts.

La situation commerciale et industrielle est en décroissance marquée; pour remédier à cet état de choses, il faudrait que la vie y fût à bon marché et que la manufacturation des produits industriels y fût possible avec de bas prix de revient.

Au point de vue de l'eau, la Ville reçoit, par une seule canalisation, 50 000 m^3 par jour. Les travaux en cours porteront dans un an ce chiffre à 100 000. Mais il y a unanimité d'opinion sur la nécessité d'en avoir au moins 200 000. L'eau est prise dans une plage voisine du Rhône, ce qui exige une importante force motrice, 2 000 *ch* pour 200 000 m^3.

Comme système de vidange, il n'existe que des fosses fixes, vidées à l'aide de tonnes à vide; une Société, l'Union mutuelle des propriétaires, fait à elle seule les 5/6 des vidanges. Les tonnes sont transportées directement dans les champs ou bien se vident dans un puisard d'où des pompes envoient les matières dans les campagnes par deux conduites fermées qui forment un total de 50 *km*. C'est la démonstration la plus parfaite de la possibilité de l'organisation du système de tout à l'égout séparé et fermé au lieu et place du tout à l'égout unitaire.

Le système séparé et fermé s'impose pour Lyon; il exigerait, en fonctionnement complet, le refoulement de 20 000 m^3 environ par jour, soit une force motrice de 600 à 700 *ch*.

Quant à l'éclairage électrique, le monopole de canalisation dans les voies publiques au profit de la C[ie] du gaz l'a paralysé jusqu'à ce jour, et il n'y a pas 8 000 lampes dans toute la ville; la Compagnie en fait 2 000 et les particuliers, dans leurs maisons, 6 000 environ. On pourrait, avec de bons tarifs en placer 200 000.

Enfin, en ce qui concerne la force motrice industrielle, l'État en a concédé l'exploitation, par une loi de mai 94, à une Société privée dite « Société lyonnaise des forces motrices du Rhône ». Cette Société doit la distribuer surtout dans les ateliers familiaux, et son objet est de réaliser des prix de vente assez bas pour rénover l'industrie locale.

Elle dispose à cet effet, de 11,85 *m* de chute avec 100 m^3 de débit, soit de 15 800 *ch* bruts; son programme comporte un transport électrique triphasé, à 3 500 volts, souterrain, permettant la distribution effective de 5 400 *ch* sur l'arbre des réceptrices. L'installation fonctionnera sans doute à la fin de cette année.

Cette puissance, absorbée d'avance par l'industrie, laisse le champ ouvert pour l'eau potable, les vidanges, l'éclairage électrique, les tramways, etc., tous services demandant de la force motrice en grande quantité.

En se limitant pour l'éclairage électrique très répandu, c'est-à-dire livré à bon marché, à 150 000 lampes, c'est un ensemble de 17 à 18 000 *ch* qu'il faut dans l'intérieur même de la ville. Cette force devant, obligatoirement, venir de l'extérieur, exige une source de 27 à 28 000 *ch*, mais

avec cette circonstance particulière que leur travail n'est, pour la plus grande partie, que de quelques heures par jour. Par conséquent, une source régulière, moins importante, mais possédant un dispositif sûr d'accumulation et de répartition, suffirait.

La configuration du pays entre les montagnes du Jura et Lyon, l'importance énorme du volume moyen des eaux qui s'y déversent par l'Ain, plus de 180 m^3 par seconde, et la facilité que présente l'établissement de barrages-réservoirs créent une situation très favorable.

L'établissement de deux barrages de 25 *m* sur la Bienne et la Valouse permettrait de prendre 10 à 12 m^3 d'eau par seconde à la cote 304 qui viendraient se déverser à 5 *km* de Lyon dans un réservoir naturel de 450 *ha* aménagé à Rillieux à la cote 283, c'est-à-dire à 115 *m* au-dessus du Rhône. Cette énorme réserve d'eau assurerait largement la régularité du service. On relèverait de 60 0/0 l'étiage de l'Ain.

L'aqueduc aurait une longueur de 89 *km*, et la dépense totale, y compris les moteurs primaires établis au pied de la chute de 115 *m*, s'élèverait à 26 millions.

La force ainsi créée doit être transportée à Lyon. L'auteur estime et démontre qu'il faut donner la préférence au transport par l'eau sous pression plutôt qu'à l'électricité. Il coûterait moins, 8 millions seulement, et rendrait plus.

M. Bergès démontre également qu'il suffit pour cela de créer artificiellement une pression de 630 *m* et d'envoyer l'eau dans des conduites de 0,48 *m* de diamètre ; le débit sera dans ces conditions de 300 *l* avec une perte de charge de 0,00863 par mètre courant. Les tuyaux en tôle d'acier auront une épaisseur de 17 *mm* et pèseront 245 *kg* le mètre, cornières comprises, le prix sera de 98 *f* le mètre sans la pose.

De pareilles canalisations se construisent couramment et ne présentent aucun danger. MM. Bouchayer et Viallet et la maison Joya, de Grenoble, par exemple, en ont une grande habitude.

Quant à la pression de 630 *m*, elle sera obtenue au moyen de compresseurs hydrauliques, appareils à deux pistons de section différente, tels que ceux construits par la maison Biétrix, Nicollet et Cie, de Saint-Étienne.

M. Bergès cite plusieurs canalisations établies dans les mêmes conditions, notamment à Lancey (Isère) et à Chapareillan (Isère).

Il établit ensuite la comparaison entre le rendement obtenu avec ce système de transport et le rendement du transport électrique, et il arrive aux chiffres suivants :

	Éclairage.	Force motrice.
Transport hydraulique	39,30 0/0	43,88 0/0
Transport électrique	45,77 0/0	34,79 0/0

Si on avait directement la pression de 630 *m* ; c'est-à-dire si les transformateurs hydrauliques étaient inutiles, on arriverait aux chiffres suivants :

	Éclairage.	Force motrice.
Transport hydraulique	45 0/0	51 0/0
Transport électrique	45 0/0	34 0/0

Ces conditions peuvent se rencontrer fréquemment dans les pays de montagne. Quoi qu'il en soit on voit que lorsque la distance à parcourir ne dépasse pas 10 *km*, le transport par l'eau est plus avantageux que le transport par l'électricité.

Mais l'eau a, de plus, un grand avantage dans la distribution de force à domicile, car elle permet des variations de vitesse sans perte de rendement, ce qui n'est pas le cas avec l'électricité. Elle permet aussi les transformations secondaires au gré des industriels.

D'autre part, si l'électricité peut être transportée à bas prix, ce n'est qu'en employant les courants polyphasés, qui ne se prêtent pas à une foule d'emplois, en première ligne desquels on peut placer la charge des accumulateurs destinés aux services les plus divers et dont le nombre et la fréquence augmentent tous les jours, telle la traction des tramways et le ravitaillement électrique des automobiles.

Les grands projets de dérivation se buttent à la loi du 3 mai 1841 dont les rigueurs ont paralysé bien des programmes féconds. Le code rural, en discussion au Parlement depuis six ans, apporterait des atténuations précieuses pour les ingénieurs et les municipalités.

M. L. Bravet reprend rapidement l'exposé de M. Bergès, il s'étend particulièrement sur la question de l'assainissement et des vidanges.

Actuellement le système employé à Lyon est celui de la fosse fixe exploité pour les 5/6 par l'Union mutuelle des propriétaires. Les matières aspirées dans des tonnes (système pneumatique inodore) sont transportées en partie chez les agriculteurs, en partie dans une citerne où une pompe à vapeur les reprend et les refoule en tuyaux fermés dans deux canalisations, l'une de 22, l'autre de 26 *km*,

C'est la démonstration de la valeur du système du tout à l'égout fermé préconisé par MM. Bergès et Bravet. Pour le mettre à exécution il faudrait disposer d'une force de 600 *ch* pour élever les matières qui doivent se répandre sur des champs situés à 20 *m* au-dessus de Lyon.

Pour l'alimentation d'eau il faudrait 2 000 *ch*. L'éclairage électrique de son côté exige une force considérable.

M. Bravet présente ensuite diverses projections représentant les égouts de Lyon; des cartes indiquant le tracé de l'aqueduc d'amenée et des captations d'eau. Puis des spécimens de canalisation d'eau sous hautes pressions dont il cite de nombreux exemples : Londres, Liverpool, Glascow, etc.; il s'étend sur la remarquable installation Van Rysselberghe et Moris, d'Anvers, qui sillonne toute la ville à 53 *atm*.

Il termine en donnant quelques renseignements sur divers appareils hydrauliques, notamment sur les régulateurs des turbines.

M. Ed. Badois demande pourquoi on fait plusieurs barrages de 25 *m* ; il paraîtrait plus économique de n'en faire qu'un plus grand, d'autant plus que la forme encaissée des vallées en rend la construction facile et sûre.

MM. A. Bravet et Bergès répondent que c'est par mesure de prudence à la suite de la catastrophe de Bouzey, mais que rien n'empêche, dans la vallée de la Bienne, de faire un seul réservoir de 40 à 50 *m* de hauteur utile qui coûterait moins que les deux réservoirs prévus.

La vallée est entièrement rocheuse, très encaissée, comme on l'a vu par les projections, et tout à fait déserte. C'est un sillon profond qui se prête admirablement à l'établissement de réserves et dont la quantité d'eau charriée au moment des crues assurerait l'alimentation.

M. le Président demande à quelle dépense entraînerait ce projet.

M. L. Bravet répond que la dépense pour l'amenée d'eau et la distribution serait de 35 millions. Les égouts, les canalisations séparées des vidanges et leurs refoulements représenteraient en plus un chiffre de 12 millions.

M. G. Dumont demande à quel prix serait distribuée la force.

M. L. Bravet lui répond que l'on a fixé le prix de 240 *f* le cheval-an en lumière et beaucoup moins en force industrielle.

M. G. Dumont ayant demandé de nouveaux renseignements sur la distribution des petites forces à domicile, M. L. Bravet fait observer que ce champ d'exploitation n'est pas tout à fait libre, l'État l'ayant concédé à la Société de Jonage. Il faut actuellement s'en tenir aux services d'intérêt général et à la grande industrie.

M. Dumont, résumant ses questions, demande si, avec le transport hydraulique, les auteurs du projet pensent pouvoir livrer la force à un prix plus réduit qu'avec le transport électrique.

M. Bergès répond que l'économie résultant de l'ensemble des dispositifs projetés est dans le rapport de 0,60 *f* à 1 *f*, c'est-à-dire que l'unité de force qu'ils pourraient livrer pour 0,60 *f* reviendrait à 1 *f* avec l'électricité.

M. le Président remercie vivement MM. Bergès et Bravet d'avoir fait part à la Société de leur remarquable travail et leur sait gré d'être venus de Lyon pour le présenter.

Il espère que ce projet deviendra un jour un fait accompli qui permettra de comparer pratiquement les transports de force par l'eau sous pression et par l'électricité.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de M. Pétrow comme membre honoraire; de MM. E. Anthoine, J.-L. Arnaud, A. Blum, H.-E.-A. Cousin, Ch. Demonet, A. Dubois, P.-P. Faure, A. Gerbold, M. Hirsch, L.-F. Hubert, L.-C. Journolleau. A.-E.-A. Lamarle, A,-H.-J. Le Brun, E.-N. Legénisel, P.-E. Lombard, A.-E. Perrin, P.-L. Piaud, E. Progneaux, M.-J.-J. Rigolage, F. Rognetta. Ch.-J. Schmidt, H.-E. Seemuller, F.-G. Steeman, A. de Wendrich, E. de Zelenkoff, M.-A. Zolkiewski comme membres sociétaires, et

MM. J. Baudouin, E.-A. Fayolle, E.-J. Legénisel, A.-A. Leroux, J. Pierson, O.-G. Pierson comme membres associés.

MM. M. Aumar, M. Baer, Ch.-R. Baffrey, A. Bary, R.-M.-G. de Batz, G.-J.-M. Besana, G. Beuret, Ch.-M.-J. Biseau, J. Bonifay, P.-A.-B. Bordé, A.-Ch.-A. Boudon, A. Bouvard, V. Brueder, F. Cantero y Villamil, Ch.-P. Delaporte, G.-L.-E. Delplace, E. Deschamps, H.-A. Doineau, P. Dubar, Ch.-P. Gauchery, A.-P.-J. Guerlet, E.-E. Gui-

bert, Ch. Karcher, P. Leroy, A. Leroy, M. Michon, H. Panhard, A. Poidatz, L.-V. Rancelant, H. Regnier, P.-E. Ruef, E.-W. Schokhoff, A.-F.-A. Tabourin, Ch.-V. Thierry, J.-H. Thomas, L. Turgan, J.-P. Valette, V. Wigoura sont reçus membres sociétaires et

MM. J. Bertin, A. Boucley, G. Drin, A.-Ch. Dulac, L.-M. Dulac et P. Gourdon comme membres associés.

Le Secrétaire,
A. Lavezzari.

La séance est levée à 11 h. 45 m.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 MAI 1897

Présidence de M. Ed. Lippmann, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part du décès de F.-S.-L. Ulens, membre de la Société depuis 1867. A été Ingénieur de traction des chemins de fer d'Anvers-Rotterdam et du Grand-Central Belge, et directeur de la Compagnie générale de Matériel à Bruxelles.

M. le Président a le plaisir de faire part des distinctions suivantes accordées à des Collègues :

M. Houlon Amédée, a été nommé officier d'Académie; M. le Président profite de cette circonstance pour réparer un oubli qui a été commis au sujet de ce collègue; c'est, en effet, par erreur que son nom a été omis dans la liste des membres des Comités départementaux de l'Exposition de 1900 où il représente l'arrondissement de Reims.

M. Henri Vallot a obtenu de la Société de géographie la grande médaille d'argent du prix Charles Grad, pour sa collaboration aux travaux de M. Joseph Vallot, et particulièrement pour la triangulation de la carte du Mont-Blanc.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus que l'on trouvera à la suite du procès-verbal.

M. le Président annonce que M. M. Michon, nouveau membre, a fait à la Société un don de 240 *f;* il adresse tous ses remerciements au généreux donateur.

M. Le Président fait donner lecture de la lettre suivante, sur le grand intérêt de laquelle il attire l'attention de ses collègues.

« *Chartres, le 13 mai 1897.*

» Monsieur le Président,

» Le Gouvernement militaire de Paris organise le personnel dirigeant des moulins de siège dans le camp retranché de Paris, en cas de mobilisation.

» Il est fait appel au patriotisme des Ingénieurs civils qui voudront bien faire partie du service des moulins affectés à la manutention civile.

» L'Administration de l'Intendance militaire assure par ses moulins existants et les moulins civils affectés à cet effet, le ravitaillement des troupes en farines.

» Pour le ravitaillement en farines de la population civile, la quantité de blés introduits dans le camp retranché est prévue à 1 500 000 *q* ; le broyage de ces blés sera effectué, moitié par les moulins civils existants, moitié par les moulins de siège improvisés.

» Les moulins civils sont répartis en trois secteurs : Nord, Est et Sud-Ouest.

» Les moulins improvisés seront établis dans les gares de chemins de fer.

» Le personnel supérieur à compléter comprend :

» 5 Inspecteurs principaux de circonscription ;

» 22 Ingénieurs attachés aux moulins.

» La situation des premiers correspond à celle d'Ingénieurs en chef ; les seconds sont assimilés aux ingénieurs ordinaires.

» Les ingénieurs doivent être libérés de leurs obligations militaires (âgés de quarante-cinq ans au moins) ou avoir une dispense légale. La fonction est gratuite en temps de paix.

» Je vous serai obligé, Monsieur le Président, de vouloir bien porter cette demande à la connaissance des ingénieurs, habitant Paris ou la banlieue.

» J'irai d'ailleurs, avant la fin du mois, dans vos bureaux et pourrai vous donner des explications plus complètes.

» Recevez, Monsieur le Président, l'assurance de ma parfaite considération.

» A. Béthouart. »
Directeur adjoint du service des moulins du camp retranché de Paris.

M. le Président est certain que cet appel, qui s'adresse aussi bien à la valeur technique qu'au patriotisme de nos Collègues, sera entendu (1).

Nous avons reçu l'avis du Congrès annuel de la Société de la Propriété bâtie, qui doit tenir ses séances du 21 mai au 3 juin. On nous a

(1) L'avis ci-dessus doit pouvoir s'appliquer à ceux de nos Collègues qui, n'ayant pas atteint la limite d'âge indiquée, sont dispensés du service en temps de paix et classés dans les services auxiliaires.

M. Béthouart sera à la disposition de nos Collègues pour les renseigner au siège de la Société, 19, rue Blanche, le mercredi 9 juin, à dix heures du matin.

envoyé le programme de ce Congrès en nous demandant de désigner des délégués.

M. le Président pense que nous ne pouvons mieux faire que de désigner ceux de nos Collègues qui font partie de cette Société et qui nous représenteront très brillamment. Ce sont : MM. Guillotin, Hunebelle, Richou, Decaux, Badois, Émile Trélat, Chardon. *(Approbation.)*

Nous sommes également avisés que le Congrès des habitations à bon marché se tiendra à Bruxelles en juillet prochain, et on nous a demandé de désigner un ou plusieurs délégués.

M. le Président propose de désigner M. E. Cacheux, dont la compétence en cette matière est bien connue. *(Approbation unanime.)*

Enfin, le Congrès de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences se tiendra à Saint-Étienne, du 5 au 12 août, et nous demande également de nous y faire représenter.

Notre ancien président, M. Reymond, qui est président des 3e et 4e Sections de ce Congrès, est tout indiqué pour être le délégué de la Société (1). *(Approbation.)*

M. le Président ajoute que si nos Collègues ont d'autres noms à ajouter à ceux des délégués aux divers Congrès dont il vient d'être parlé, il se fera un plaisir de les inscrire.

M. G. Dumont donne lecture d'un rapport approuvé par le Comité et concluant à un projet de vœu à émettre par la Société concernant la création d'un laboratoire d'essais de matériaux.

Avant de passer à la discussion, M. A. Brüll expose que des devoirs impérieux l'ont empêché d'assister à la séance du Comité, dans laquelle cette question a été examinée.

Il désirerait présenter des explications complémentaires et fournir diverses pièces relatives à cette question.

Il propose l'ajournement.

La Société décide que la discussion est renvoyée à une prochaine séance après nouvel examen de la question par la Commission.

M. le Président annonce qu'il a encore été saisi d'une autre question d'intérêt général par MM. Hillairet et A. Lavezzari. Il s'agit d'examiner la question qui a été mise à l'étude sur l'initiative du Ministre de l'Instruction publique, sur la décimalisation de l'heure et du cercle. Cette question a été portée devant le bureau de notre Société ; une Commission a été nommée et elle a chargé M. G. Baignères de rédiger un rapport dont il va vous être donné lecture.

En l'absence du rapporteur, M. le Secrétaire lit le rapport, ainsi conçu :

Rapport sur la décimalisation de l'heure.

Un décret du Ministre de l'Instruction publique, en date du 2 octobre 1896, a prescrit l'organisation d'une Commission chargée d'étudier l'importante question de la décimalisation du temps et de la circonférence.

(1) Voir procès-verbal de la séance du 7 mai, p. 600.

Cette Commission est composée des seize membres du Bureau des longitudes et de deux représentants de la Société de Géographie et de chacune des administrations suivantes: Instruction publique, Postes et Télégraphes et Chemins de fer.

Onze questions ont été mises à l'ordre du jour de la Commission et seront successivement étudiées. En voici le programme:

1° Quelles sont les objections qui ont empêché, au moment de la Révolution, l'extension du système décimal au temps et à la circonférence, et quelle est la valeur de ces objections?

2° Une réforme dans le sens de la décimalisation et de l'uniformisation est-elle désirable: pour les astronomes, les géodésiens et les arpenteurs, les marins, les géographes, les mécaniciens, physiciens et électriciens, enfin pour le public et les Administrations de l'État et des Chemins de fer?

3° Quelles seraient les difficultés de la réfection et de l'adaptation: des horloges et chronomètres, des cercles divisés, des cartes géographiques, des tables trigonométriques, des tables et documents astronomiques?

4° Des quatre systèmes qui divisent la circonférence en 10, 20, 24 ou 40 parties égales, quel est celui qui présente les plus grands avantages?

5° Quel serait le système qui concilierait le mieux les avantages théoriques avec les usages et les besoins de la pratique?

6° Dans le cas où l'on n'espérerait pas triompher des résistances du public en ce qui concernerait l'abandon de la division du jour en vingt-quatre heures, vaudrait-il mieux maintenir le *statu quo*, préconiser le système de la division en 240 degrés, adopter le système décimal pour les usages scientifiques en laissant subsister le *statu quo* pour les usages de la vie courante? En particulier, l'adoption du système de la division en 240 degrés serait-elle un obstacle ou un acheminement à l'adoption ultérieure d'un système plus complètement rationnel?

7° Y aurait-il lieu d'adopter un système mixte entre le système de la division en 240 degrés et les systèmes purement décimaux?

8° Dans le cas où un projet de réforme serait adopté, serait-il subordonné à une entente internationale, et comment pourrait se réaliser cette entente?

9° A partir de quelle date la réforme devrait-elle entrer en vigueur?

10° Si une réforme immédiate semblait prématurée, quelles mesures conviendrait-il de prendre pour y habituer d'avance les esprits et pour aplanir les obstacles matériels? Y a-t-il lieu de pratiquer des essais pour mettre à l'épreuve les diverses solutions préconisées?

11° Si une réforme générale parait irréalisable, conviendrait-il d'opérer une réforme partielle et de publier des tables où certaines données seraient exprimées en fractions de jour ou de circonférence?

La Commission a décidé que le temps serait décimalisé avec le maintien de la journée de 24 heures (comptée de 0 à 24), mais chaque heure étant divisée en 100 divisions (au lieu de 60 minutes) et 10.000 subdivisions (au lieu de 3.600 secondes), et que la circonférence serait, suivant le système préconisé par Laplace, divisée en 400 grades au lieu de 360 degrés.

Un rapport général sur la question doit être rédigé par M. Poincaré et soumis à la Commission officielle qui le discutera.

Telle est, en résumé, la situation actuelle.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et la Société internationale d'électricité ont cru devoir protester contre les décisions de la Commission officielle, et il s'agit de savoir si la Société des Ingénieurs Civils de France doit entrer dans la même voie.

L'Italie, le Canada, l'Inde anglaise et la Belgique ont adopté la numération de 1 à 24 pour les cadrans des horloges, tout en conservant la division actuelle en minutes et secondes. On trouve à ce système l'avantage de ne plus indiquer s'il s'agit d'heures du matin ou du soir. *(Pour ce résultat, qui ne paraît pas d'une nécessité absolue, on sera obligé de modifier les rouages, les cadrans et les sonneries de toutes les horloges. Nos voisins les Italiens et les Belges n'ont pas reculé devant ce bouleversement et il reste à savoir si les avantages, au point de vue pratique, répondent bien aux sacrifices faits. En tout état de cause, les relations internationales ne peuvent qu'être rendues plus difficiles par l'adoption d'un système qui ne sera certainement pas admis par tous les pays, alors que les divisions horaires actuelles sont universelles)* (1).

La décimalisation de l'heure, qui a été proposée par M. de Sarrauton, a reçu l'approbation des membres de la Commission officielle nommée par le Ministre de l'Instruction publique. Il est à remarquer que cette Commission ne comprend aucun représentant des Sociétés d'Ingénieurs et d'industriels.

Or, si les géographes, les astronomes, les géodésiens et les marins doivent retirer certains avantages d'une division décimale de l'heure, il ne paraît pas démontré que les Ingénieurs bénéficieraient d'un nouvel état de choses.

En effet, toutes les unités où rentre le temps seraient à modifier et, pour ne citer qu'un exemple, le kilogrammètre-seconde correspondrait à l'énergie nécessaire pour élever 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur dans l'espace de 1″666... décimale.

Le système C. G. S. (centimètre, gramme, seconde) des électriciens serait complètement bouleversé au moment même où les unités ont reçu l'adhésion de tous et sont entrées dans le langage courant.

En ce qui concerne la division du cercle, la Commission officielle a adopté la division en 400 grades, qui est en usage au Département de la Guerre.

Cette résolution rencontre beaucoup de détracteurs, en particulier M. Bouquet de la Grye, membre de la Commission, et les partisans mêmes de la décimalisation considèrent qu'avec la division en 400 grades, le système de la Commission manque d'homogénéité.

Nous ne pensons pas que le public ait à bénéficier de la modification qui fait en ce moment l'objet de tant de discussions dans le monde savant.

Avec un cadran divisé en 24 heures, les chiffres sont peu visibles,

(1) La phrase ci-dessus, qui ne concorde pas avec le vœu terminant le présent Rapport, devait être supprimée. En l'absence du Rapporteur, elle a été lue par erreur, et on l'a maintenue au procès-verbal afin de conserver la physionomie de la discussion qui a suivi.

la division en 100 minutes présenterait le grave inconvénient de ne faire coïncider les heures avec les minutes qu'à l'heure, au quart, à la demie et à moins le quart.

Actuellement, on devine plutôt qu'on ne les voit les minutes, car les chiffres d'heures, qui sont très apparents, servent de guides. Avec des divisions beaucoup plus petites et sans concordance avec les heures, des erreurs seront à craindre, du moins pour les lectures faites sur de grands cadrans comme ceux qui existent sur les façades des grandes gares de chemins de fer.

Le système métrique a prévalu en France parce qu'il n'existait pas de mesure officielle; dans une même contrée les mêmes termes s'appliquaient à des mesures différentes. Aujourd'hui on veut modifier des habitudes consacrées depuis cinquante siècles par tous les peuples. Cette modification, si elle aboutit, ne sera certainement pas reconnue par tous, et on aura compliqué une situation qui était parfaitement nette.

Les arguments pour le maintien du *statu quo* ne manquent pas, et la Société des Ingénieurs Civils ne peut rester indifférente au projet que la Commission officielle est sur le point d'élaborer.

En conséquence, nous avons l'honneur de proposer à la Société d'émettre le vœu suivant :

« Vu les résolutions prises par la Commission chargée par le Ministre de l'Instruction publique d'examiner la question de la décimalisation de l'heure et de la division du cercle;

» La Société des Ingénieurs Civils de France, considérant que la numération de 0 à 24 présenterait l'avantage de faire disparaître toute ambiguïté entre les heures du matin et du soir;

» Considérant que la décimalisation de l'heure modifierait complètement les unités consacrées, et aurait par suite de très graves inconvénients;

» Considérant que la division de la circonférence en 360 degrés donne toute satisfaction aux Ingénieurs et Industriels, et n'apporte aucune complication dans les calculs,

» Émet le vœu que la division du jour en 24 heures, comptée de 0 à 24, soit adoptée, mais qu'aucune modification ne soit apportée à la division actuelle de l'heure et à la division de la circonférence en 360 degrés. »

M. H. Vallot ne peut laisser dire « que la division de la circonférence en 360 degrés donne toute satisfaction », car s'il en était ainsi, de nombreux savants n'auraient point consacré un siècle d'efforts à essayer de faire prévaloir un mode de division plus rationnel. Quelque opinion qu'on puisse se faire sur cette question, il est impossible de méconnaître et de passer sous silence la grande réforme de Borda, qui, dès la fin du siècle dernier, introduisait la division décimale du quadrant dans les instruments géodésiques, et faisait calculer des tables dans ce système. La Commission de 1817, présidée par Laplace, a adopté ce mode de division pour la triangulation générale de la France, et il a toujours été suivi depuis lors au Dépôt de la Guerre, devenu le Service géographique de l'Armée.

C'est dire que les instruments divisés en 400 grades existent depuis un siècle et sont employés journellement; on peut citer, notamment, les tachéomètres, qui sont entre les mains d'un grand nombre de nos collègues. Quant aux tables trigonométriques centésimales, celles à sept décimales de Borda, publiées par Delambre, étant épuisées, le Service géographique a extrait du manuscrit de Prony (à quatorze décimales) de magnifiques tables à huit décimales qu'il a publiées en 1891, et qui sont destinées aux calculs de haute précision; il a publié également, en 1889, des tables plus réduites à cinq décimales, dont la disposition est très commode pour les usages courants. Ce n'est donc pas l'absence de tables trigonométriques qu'on peut reprocher à ce système.

M. Vallot dit que, comme géodésien, il a fait l'expérience des deux sortes de graduation, tant sur les cercles que dans les calculs; l'avantage de la graduation centésimale sur la graduation sexagésimale lui paraît si considérable, que, selon lui, on devrait employer la première, même si elle n'était pas adoptée officiellement, quitte à convertir seulement les résultats numériques finals dans le système adopté.

M. Vallot ajoute que la corrélation entre la division du jour et celle du cercle n'est pas absolument obligatoire; sans doute, la concordance de ces divisions serait commode, mais cette commodité serait surtout limitée à certains problèmes d'astronomie et de navigation. Dans nombre d'applications scientifiques, la division centésimale du quadrant pourrait coexister avec la division du jour en 24 heures.

M. Vallot termine en disant qu'il s'agit là d'une question grave autant que complexe, et qu'il verrait avec peine la Société prendre parti dans ce débat sans avoir réuni toutes les compétences en vue d'une étude approfondie du sujet.

M. R. Soreau se rallie aux conclusions de M. Vallot. Il n'y a pas de corrélation nécessaire entre les heures et la circonférence. Il croit donc que le vœu qui vient d'être proposé devrait être divisé, et qu'il y a lieu de considérer la décimalisation de l'heure et celle de la circonférence d'une façon distincte. Les inconvénients qu'on a remarqués pour la décimalisation de l'heure, et qui sont considérables, ne s'appliquent plus à la décimalisation du quadrant, car les opérations géodésiques intéressent un nombre de personnes restreint. M. Soreau pense donc qu'il convient de demander la décimalisation du quadrant et de maintenir la division actuelle de l'heure. Il ne voit pas bien pourquoi, si l'on adopte la décimalisation de l'heure, on n'adopterait aussi la décimalisation de la journée. C'est sans doute parce qu'on serait conduit en généralisant, à se heurter à des incompatibilités physiques, ce qui montre bien que la mesure proposée est moins rationnelle qu'on ne pense.

M. Soreau propose donc d'émettre un vœu en faveur de la décimalisation du quadrant et du maintien de la division actuelle de l'heure.

M. E. Simon désire faire une observation : il est dit dans le rapport que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale s'est prononcée. Or, elle n'a pas pris parti jusqu'à ce jour.

Il semble aussi exister une contradiction, dans l'exposé, où il est

affirmé que, en adoptant la division du cadran en 24, la lecture des heures ne serait pas commode, tandis que le vœu conclut à l'adoption du cadran divisé de 0 à 24.

M. le Président répond à M. Simon que les conclusions du rapport ont été modifiées au Comité dans un sens qui n'est plus celui que la Commission avait adopté. La contradiction qui existe entre les considérants et le projet de résolution, est due uniquement à l'absence du rapporteur qui aurait fait, à la lecture, les corrections nécessairres.

M. E. Derennes demande que, pour cette question comme pour la précédente, on laisse aux membres de la Société le temps de la réflexion, et que le vote soit remis à une séance ultérieure.

M. Ch. Baudry désire présenter les observations suivantes au sujet du rapport qui vient d'être lu.

La contradiction qui s'y trouve se rapporte à la première partie du vœu soumis à la Société; car, il ne faut pas le perdre de vue, ce vœu comprend trois parties absolument distinctes, n'ayant entre elles qu'un rapport lointain et qu'il faut discuter successivement sous peine de confusion. M. Baudry ne s'occupera donc d'abord que de la première partie relative au cadran de 24 heures. Quand le rapport qu'on vient de lire à la Société a été lu une première fois au sein du Comité, il concluait logiquement contre la numération des heures de 0 à 24; mais cette conclusion n'a pas été acceptée par le Comité qui, après discussion, s'est prononcé, à l'unanimité des membres présents, en faveur de cette numération. En présentant cette nouvelle conclusion, il eût été bon d'en exposer les motifs, et c'est ce que M. Baudry demande la permission de faire en quelques mots, à défaut du rapporteur. La numération des heures de 0 à 24 n'est pas une chose nouvelle; elle existe en Italie depuis plus de deux ans, et, contrairement à ce que dit le rapport, elle n'a pas entrainé dans ce pays la réfection des cadrans des horloges. On s'est contenté d'écrire au-dessous des heures de 1 à 12, marquées sur les cadrans existants les heures de 13 à 24, et cela ne donne lieu à aucune confusion, car lorsqu'on regarde l'heure à un cadran, on sait dans quelle moitié du jour on se trouve. La réforme n'a d'ailleurs causé aucune gêne dans la vie ordinaire et n'a provoqué aucune réclamation du public, qui l'a immédiatement adoptée sans difficulté. Elle offre d'ailleurs le grand avantage d'éviter les ambiguïtés qui se présentent trop souvent aujourd'hui dans la correspondance, les rapports administratifs (notamment dans les chemins de fer), etc..., quand celui qui écrit, trop plein de son sujet, oublie que le lecteur ne le sera pas autant, et néglige de préciser s'il parle d'heures du jour ou de la nuit. Elle simplifie la préparation des horaires de chemins de fer, en facilite la lecture et évite ainsi encore beaucoup d'erreurs. L'exemple de l'Italie a été tellement démonstratif à ce sujet que d'autres pays l'ont imité, comme le rapporteur l'a dit d'ailleurs. M. Baudry estime que la France aurait tout avantage à faire de même, et c'est pour cela qu'il a demandé au Comité de se prononcer en faveur de la numération des heures de 0 à 24. Il a eu la bonne fortune d'obtenir l'unanimité du Comité en faveur de sa proposition; il voudrait avoir convaincu de même la Société, et l'avoir

décidée à se prononcer en faveur d'une réforme que la France sera la dernière à adopter si elle ne se hâte pas de le faire.

Passant maintenant aux deux autres parties du vœu qui est proposé, M. Baudry mentionne d'abord la dernière, relative à la division de la circonférence, parce qu'il a peu de chose à en dire, n'ayant pas eu, au cours de ses travaux personnels, à apprécier les mérites relatifs de la division en 400 grades et de celle en 360 degrés. Il constate seulement qu'il n'a trouvé dans le rapport qui a été soumis aucun argument topique en faveur du cercle de 360 degrés, et qu'en voyant les Membres de la Société les plus compétents se prononcer aussi nettement que le fait M. Vallot en faveur du quadrant de 400 grades préconisé déjà par la Commission de savants que le Gouvernement a chargée d'étudier la question, il se rallie très volontiers à cette solution.

Reste la deuxième partie du vœu, celle relative à la division de l'heure en fractions décimales, à ce qu'on a appelé la décimalisation de l'heure. M. Baudry est partisan de cette réforme comme des deux autres, parce qu'il a eu souvent à constater combien la division de l'heure en soixantièmes et en soixantièmes de soixantième se prêtait mal aux calculs avec notre numération décimale, rendait laborieux les calculs écrits, impossibles les calculs de tête, et causait des erreurs par suite de la confusion des minutes avec les centièmes d'heure ou des secondes avec les centièmes de minute.

Sans nier les avantages de la mise en harmonie de la division de l'heure avec notre système de numération, on a critiqué le projet de décimalisation de l'heure comme illogique, parce qu'il conservait l'heure elle-même, qui n'est pas une fraction décimale du jour, et le jour, qui n'est pas une fraction décimale de l'année. Il est à peine besoin de rappeler que le jour et l'année sont deux unités naturelles, correspondant à deux phénomènes astronomiques différents, aussi intéressants l'un que l'autre pour la vie humaine, puisqu'ils nous donnent, l'un les alternances du jour et de la nuit, et l'autre le retour périodique des saisons. Nous sommes donc obligés d'accepter ces deux unités avec leur rapport naturel, sans pouvoir rien y changer. Il n'en est pas de même de l'heure, qui ne correspond à aucun phénomène distinct et qui n'est qu'une subdivision du jour. La Commission officielle aurait donc fait œuvre logique en remplaçant l'heure par une fraction décimale du jour. On s'explique cependant qu'elle ne l'ait pas proposé, parce que d'une part, l'heure est une unité à laquelle il est difficile de toucher sans apporter une grande perturbation dans les habitudes de tout le monde, et que d'autre part on a rarement à faire des calculs sur des jours et des fractions de jour. Par suite en s'attaquant à l'heure, on aurait rencontré une grande résistance de la part du public pour un bénéfice médiocre et même contestable.

Il n'en est pas de même pour les minutes et les secondes dont la suppression n'entrainera aucune difficulté dans la vie courante et procurera d'autre part une grande facilité dans des calculs qui se représentent souvent.

La seule objection grave à la décimalisation de l'heure c'est que la seconde, qu'elle supprime, a été choisie comme unité de temps par les

électriciens, et que par conséquent, on sera conduit à remanier les unités électriques si on accepte cette décimalisation. M. Baudry ne méconnait pas la gravité de cette objection ; elle ne lui parait cependant pas suffisante pour faire abandonner la réforme. La nécessité de remanier les unités électriques n'est, en effet, qu'une difficulté passagère, dont il ne restera plus trace quand elle aura été résolue. Ne vaut-il pas mieux l'aborder franchement, et la résoudre plutôt que de traîner indéfiniment comme un boulet notre division actuelle de l'heure, aussi irrationnelle et aussi gênante que le système de mesures non décimales que nous reprochons si souvent à l'Angleterre de ne pas vouloir abandonner pour le système métrique.

En résumé, M. Baudry est d'avis que si la Société des Ingénieurs Civils veut prendre parti dans la question qui est actuellement soulevée, elle émette un vœu en faveur de la numération des heures de 0 à 24, de la décimalisation de l'heure et la division de la circonférence en 400 grades.

Il ne verrait d'ailleurs que des avantages à ce que la question ne fût pas tranchée séance tenante.

M. H. Jullin fait remarquer que l'on a déjà l'expérience de la division du cercle en 400 grades, et qu'il existe des appareils pourvus de cette division.

M. H. Vallot rappelle que les premiers appareils ainsi divisés datent de l'origine même du système métrique.

M. R. Soreau, répondant à M. Baudry, ne comprend pas pourquoi, si on accepte la décimalisation de l'heure, (qu'il ne désire pas) on n'accepterait pas celle de la *demi*-journée qui serait divisée en 10 heures, par analogie avec la division du *quart* de la circonférence en 100 grades.

M. L. Périssé, en présence des contradictions qui existent dans le rapport et des objections, très sérieuses, présentées à ses conclusions, demande que la question soit renvoyée à l'examen de la Commission.

M. le Président met aux voix la proposition de M. Périssé, qui est la plus étendue.

Le renvoi à la Commission est adopté à l'unanimité.

La parole est à M. Chalon, pour présenter sa communication sur *la Recherche des eaux souterraines*.

M. P. Chalon définit l'hydrologie souterraine, l'étude des eaux qui circulent à l'intérieur du globe ; il attribue à l'abbé Paramelle l'honneur d'avoir le premier appliqué expérimentalement à cette étude la connaissance géologique et stratigraphique des terrains.

M. Chalon explique ensuite la genèse des eaux souterraines, qui sont exclusivement alimentées par les condensations atmosphériques, comme l'a établi M. J. Degousée, en 1847.

Les eaux qui traversent les sols meubles et les terrains perméables leur empruntent, par voie d'échange ou par réaction chimique, des acides organiques, des acides inorganiques et des matières diverses ; et elles deviennent *calcaires*, *magnésiennes*, *alcalines*, etc., ou encore *sulfatées*, *chlorurées*, *carbonatées*, etc.

Après avoir traversé les terrains perméables, elles s'arrêtent à la surface des roches imperméables sur lesquelles elles s'écoulent.

Il y a donc à considérer, pour les recherches d'eaux, deux sortes de terrains : les uns perméables, les autres imperméables.

L'absorption de l'eau par les premiers s'effectue de trois manières :

1° *Par imbibition dans les terres et dans les roches poreuses ;*
2° *Par remplissage des vides dans les sables et les roches fragmentaires ;*
3° *Par pénétration dans les fissures des roches diaclasiques.*

Les terrains imperméables sont les marnes et les roches adiaclasiques.

Les terres argileuses ne sont pas, à proprement parler, imperméables, mais elles ne se laissent pénétrer que très lentement.

L'aspect physique d'une région permet, à première vue, de reconnaître les roches perméables ou imperméables. Si le terrain est peu accidenté et montre peu de ruisseaux, c'est qu'il est perméable ; les eaux pluviales n'y séjournent pas et le traversent rapidement.

Si, au contraire, le sol est sillonné de ravins, de vallons, et parsemé de nombreux cours d'eau, c'est qu'il est imperméable.

M. Chalon examine le régime des eaux souterraines; on croit trop généralement que celles-ci circulent absolument comme les cours d'eau superficiels. Il montre, en s'appuyant de l'autorité de M. Daubrée et sur la pratique courante, qu'en réalité les fleuves et bassins souterrains ne sont que des exceptions et que la circulation s'effectue sous forme de filets, suintements, écoulements capillaires à travers les sables et les roches perméables, en constituant, non des nappes d'eau, mais des *nappes aquifères.*

Le problème industriel de la recherche des eaux peut se formuler comme suit : *Trouver une eau convenable et abondante, à peu de frais, et à proximité de l'exploitation ou de l'usine qui doit en faire usage.*

M. Chalon donne les règles qui doivent guider les recherches sur un plateau, un versant ou une vallée, en choisissant les dépressions convenables. De même il signale l'étude stratigraphique à faire dans les vallées, suivant que celles-ci sont *synclinales*, *monoclinales*, ou *anticlinales*.

Les points à préférer sont :

Les centres de dépressions naturelles ;
Les origines de plis, ravins ou thalwegs ;
Les intersections de plis ou de thalwegs.

Mais les recherches doivent toujours être précédées de l'examen des signes extérieurs : plantes aquatiques, végétation abondante, humidité persistante, essaims de moucherons, etc., qui signalent la présence de l'eau à une faible profondeur.

Lorsque le point où doit se faire la recherche est définitivement choisi, il faut capter les eaux en utilisant les dépressions naturelles ou, si celles-ci n'existent pas, en en créant d'artificielles telles que drains, galeries de captage, etc.

Il peut se faire qu'on n'obtienne, dans un puits profondément creusé en calcaire, que de simples suintements. Il faut alors provoquer un violent ébranlement dans la roche pour y ouvrir des fissures qui don-

neront passage aux eaux. Ce résultat s'obtient en faisant détoner dans le puits une forte charge de dynamite. M. Chalon termine en donnant quelques indications sur la construction des puits et les précautions à prendre pour éviter les éboulements. Il signale, en particulier, l'emploi des *cuvelages filtrants* de M. Ed. Lippmann dans le cas particulier des terrains très coulants.

M. le Président remercie M. Chalon de l'étude très complète qu'il a présentée sur la recherche des eaux souterraines, mais *superficielles*.

Il faut insister sur ce point, car c'est le travail du sourcier, du puisatier que M. Chalon étudie, et il a eu grandement raison de faire ressortir que dans cet ordre d'idées il faut surtout s'attacher à l'observation du synclinal et de l'anticlinal des couches superficielles; cette méthode conduit à des résultats très heureux et permet de doter les usines et les exploitations agricoles de grandes quantités d'eau. Mais l'art du chercheur d'eau ne doit pas s'en tenir uniquement à ces eaux superficielles trop directement soumises aux influences météorologiques de la région. Aussi, l'ingénieur qui s'occupe de l'installation d'une usine ou d'un établissement d'une grande importance doit-il ne se fier qu'à demi à l'alimentation par ces eaux peu profondes et peut-être peu durables; il lui faut étudier la structure géologique de son emplacement, pour pouvoir, le cas échéant, retrouver dans la suite des nappes plus abondantes et plus sûres.

En raison de l'heure avancée, M. le Président demande à remettre à la séance suivante la communication de M. Badois et en exprime tous ses regrets aux membres et aux invités qui étaient venus pour l'écouter.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de :

MM. E.-P. Cassiers, H. Dolter, J.-F. Liernur, W.-P. Liernur, A.-R. Pechiney, A.-A. Pernin, J.-J. Romann, E. Souchon, G. Ulmo, comme membres sociétaires;

Et MM. P. Fraenckel, E. Herzog, H.-C. Thirion, comme membres associés.

MM. E. Anthoine, J.-L. Arnaud, A. Blum, H.-E.-A, Cousin, Ch. Demonet, A. Dubois, P.-P. Faure, A. Gerbold, M. Hirsch, L.-F. Hubert, L.-C. Journolleau, A.-E.-A. Lamarle, A,-H.-J. Le Brun, E.-N. Legénisel, P.-E. Lombard, A.-E. Perrin, P.-L. Piaud, E. Progneaux, M.-J.-J. Rigolage, F. Rognetta, Ch.-J. Schmidt, H.-E. Seemuller, F.-G. Steenman, A. de Wendrich, E. de Zelenkoff, M.-A. Zolkiewski, sont reçus comme membres sociétaires;

Et MM. J. Baudouin, E.-A. Fayolle, E.-J. Legénisel, A.-A. Leroux, J. Pierson, O.-G. Pierson, comme membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
A. Lavezzari.

PROJET DE CRÉATION ET DE TRANSPORT
DE
FORCE MOTRICE
POUR
L'ALIMENTATION D'EAU, LE TOUT-A-L'ÉGOUT ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ
A LYON

EXPOSÉ GÉNÉRAL
PAR
M. P.-A. BERGÈS

DESCRIPTION DES TRAVAUX
PAR
M. L. BRAVET

EXPOSÉ GÉNÉRAL

PAR
M. P.-A. BERGÈS

Préliminaires.

I

Le but des efforts des hommes, la raison d'être de leur courageuse acceptation des duretés de l'existence est l'espoir d'atténuer ces duretés, d'améliorer les conditions de la vie, c'est-à-dire les conditions du travail. Dans la grande lutte qui en résulte et que l'esprit humain, dans ses multiples manifestations, livre sans relâche à la nature, les Ingénieurs ont place partout, aussi bien au premier rang pour l'attaque qu'en arrière des lignes avancées, pour la consolidation des positions acquises; leur rôle est donc considérable, mais considérables aussi sont leurs responsabilités.

On parle partout des forces perdues de la nature; pourquoi perdues ? parce que les Ingénieurs ne savent pas les asservir, ou, ce qui est aussi fréquent, parce qu'ils ne savent pas vaincre l'indifférence, l'inertie des puissances humaines dont le concours est nécessaire à l'œuvre de conquête.

On parle de territoires immenses autrefois fertiles et peuplés, aujourd'hui ingrats et déserts; pourquoi si ingrats aujourd'hui? Cette situation est-elle sans remède?

Des cités fières des produits de leurs industries ont, durant des siècles, appelé dans leur enceinte, sans cesse élargie, des populations ouvrières immenses; mais voici qu'une lente décroissance de leur activité, longtemps insensible et inaperçue, a fini par ouvrir la plaie du chômage et laisse craindre la mort. Chacun interroge anxieusement l'avenir et se tourne vers les Ingénieurs : Avez-vous assez fait? N'y a-t-il plus rien à imaginer, plus rien à espérer?

En ce qui concerne ce dangereux état de décroissance, ce n'est pas une simple impression personnelle que nous donnons ici; M. Turrel, ministre des Travaux publics, s'exprimait, en effet, comme suit, au Sénat, le 19 mars dernier:

« Il ne suffit pas que l'État exécute des travaux, il faut surtout que le Français comprenne mieux les devoirs qui s'imposent à lui désormais. C'est de l'initiative individuelle, en effet, que dépend, en grande partie, le succès de nos entreprises. La France n'est plus, comme jadis, en possession d'une supériorité commerciale et industrielle indiscutée; il faut qu'elle lutte, qu'elle s'ingénie, si elle veut garder le terrain qui lui reste encore et reconquérir ce qu'elle a perdu ».

Comment répondre à cet appel? Le Ministre le dit : « Il faut s'ingénier ». Chacun de nous isolément dans sa sphère, dans sa localité, est à même de rendre de précieux services, en cherchant un remède aux souffrances dont il est le témoin immédiat. Mais, d'un autre côté, au-dessus de l'action individuelle, il est nécessaire d'organiser des groupes liant entre eux le plus grand nombre possible d'intérêts de tous genres.

La Société des Ingénieurs Civils de France, qui a toujours été un centre de progrès et un foyer de généreux encouragements pour les Ingénieurs est un de ces groupes; elle tient à honneur d'être le plus important en se mettant à la tête du mouvement d'études et de discussions d'où la France attend sa rénovation industrielle; l'autorisation qui nous a été donnée de parler ici, partie sur quelques questions techniques précises, et partie sur un programme de travaux publics, en est une nouvelle preuve. Nous la félicitons sincèrement et lui exprimons notre vive gratitude.

Portant notre pierre à l'édifice, et, Lyonnais nous occupant de

Lyon, nous avons été conduits à l'occasion d'une série d'études, provoquées par la situation peu satisfaisante de la vie industrielle lyonnaise : 1° à proposer l'exécution d'un ensemble de travaux hydrauliques pouvant fournir une puissance considérable de 38 à 40 000 *ch* bruts aux portes de la ville; 2° à envisager, sous un jour un peu inattendu aux yeux de bien des Ingénieurs, la question du transport de la force motrice à distance; 3° à adopter, en vue des travaux de suppression des fosses fixes la formule, « rien à l'égout, rien aux rivières, tout à la canalisation spéciale, » autrement dit à rejeter le système que les Ingénieurs de la Ville de Paris ont adopté il y a trente ans, et persistent à soutenir encore aujourd'hui, pour nous rallier au système « séparé et fermé ». C'est le plus rationnel et le plus sûr. Le système unitaire parisien nous paraît plus simpliste que simple ; il ne résout pas, à proprement parler, le problème des vidanges, mais le transforme en deux autres et aussi redoutables problèmes : l'assainissement de 1 000 *km* d'égout à grande section, transformés en « longues fosses fixes », l'évacuation et l'utilisation d'un véritable fleuve d'eaux dangereusement souillées.

Quelques indications statistiques et historiques sont nécessaires pour la clarté de notre exposé.

II

Lyon, y compris sa banlieue, est un cercle de 9 *km* de diamètre, contenant 600 000 habitants. L'eau potable et l'eau de voirie y sont distribuées par une canalisation unique recevant en tout 50 000 m^3 d'eau par jour. Cette eau provient d'une plage du Rhône à l'entrée de la ville; on n'en veut pas d'autre. Elle est acceptable, mais exige beaucoup de force pour être distribuée. En tout cas, c'est une affaire définitivement arrêtée aujourd'hui, après dix-sept ans de travaux et de batailles d'opinions dont l'histoire est des plus intéressantes au point de vue du Génie civil. Durant ces dix-sept années, plus de 30 projets ont été présentés pour améliorer le service des eaux publiques et ménagères, les combinaisons les plus diverses se sont fait jour ; il y en a eu de simples et de compliquées, de curieusement agencées, de naïves, d'humoristiques, d'invraisemblables. Les études de beaucoup d'entre elles ont été poussées fort loin par leurs auteurs, mais finalement aucune n'a abouti, de sorte qu'en l'état ni les habitants ni les services de voirie n'ont assez d'eau; quant à l'in-

dustrie, elle s'en procure, non sans difficultés, par ses propres moyens.

Du côté de ce qu'on appelle fort improprement et fort dangereusement « Tout à l'Égout », tout est à faire. Il n'y a dans Lyon et la banlieue que des fosses fixes, sauf pour une vingtaine d'immeubles d'un quartier nouveau appelé quartier Grolée, lesquels, par une tolérance administrative, sont reliés à l'égout de la rue, nullement préparé du reste pour cela.

Quant à l'éclairage électrique, il est rudimentaire. Il y a une Compagnie unique du Gaz qui a le monopole des passages dans les rues ; elle éclaire 2 000 lampes, mais en dehors de ces lampes, divers propriétaires possédant des ilots de maisons ont fait des installations pour eux-mêmes dans l'intérieur de ces ilots.

Au fond tout est à organiser.

Aussi, est-il absolument exact de dire qu'au quadruple point de vue de l'eau potable, de l'eau de voirie, de l'éclairage électrique, et de l'amélioration des vidanges, le champ est entièrement ouvert à Lyon.

En ce qui concerne la force motrice industrielle, elle est créée par le gaz, la vapeur ou l'air comprimé, et revient très cher. Le gaz coûte 0,16 *f* le mètre cube, l'air comprimé à 5 *kg*, 14 *f* les 1 000 m^3, et la houille, frappée par l'octroi, vaut de 22 à 25 *f*. — Ici quelque chose a été fait. Une Société bien connue, par suite de l'éclat de son programme et de la merveilleuse précision avec laquelle ses travaux sont conduits, la Société des Forces motrices du Rhône, dite aussi « Société de Jonage », s'est constituée en 1894 pour faire une dérivation du Rhône aux portes de Lyon ; elle compte être prête dans le courant de cette année : elle disposera d'une chute de 11,85 *m* avec 100 m^3 d'eau par seconde, les 2/3 du Rhône à l'étiage, et distribuera la force électriquement à l'aide d'un courant triphasé et à 3 500 volts. Elle aura, d'après cela, une force brute de 15 800 *ch*, qui lui permettront une distribution de 5 400 sur les réceptrices de ses clients, en lui appliquant le rendement de 34 0/0 que nous justifions plus loin. Par suite de l'élévation de ses dépenses de premier établissement (24 millions) et du coût de l'entretien du canal de dérivation qui, prenant plus de la moitié du Rhône, aura à lutter contre le gravier et le sable et qui, étant navigable, comporte trois écluses, cette Société a prévu des tarifs élevés. Elle s'adressera, il est vrai, à une clientèle spéciale, plus que suffisante du reste, pour le placement de sa force, mais elle ne pourra guère

venir en aide à la grande industrie, de sorte que de ce côté encore, pour ce qui touche à la force motrice très bon marché, le champ est toujours ouvert.

Nous pouvons donc dire avec quelque raison, d'après cela, que tout ce qui peut nuire au développement de la propriété industrielle d'une cité se trouve malheureusement réuni à Lyon, sinon d'une manière absolue, du moins par comparaison avec ce qui existe à l'étranger, et par rapport à l'intensité de la concurrence que provoque la diffusion des méthodes exactes de travail et l'acheminement vers la disparition des spécialités, des monopoles de production qui faisaient, il y a trente ans encore, la fortune des villes.

Pour porter remède à un état de choses aussi préjudiciable, que faut-il? La vie à bon marché, la suppression de son renchérissement par les besoins d'argent des budgets; des gratuités communales au lieu de charges provenant d'abusives concessions de monopoles; c'est un côté de la question que nous n'avons pas à aborder ici; mais il faut aussi de l'eau pure et de la lumière en abondance et à bon compte, de la force motrice en grande quantité et à bas prix, un réseau complet d'égouts et de canalisations de vidanges.

De pareils programmes, tout le monde les approuve, toutes les villes en ont; pourquoi y en a-t-il si peu qui soient à même de les réaliser?

Nous croyons que pour beaucoup d'entre elles c'est parce qu'on n'a pas su envisager le problème avec assez d'ampleur. Et c'est l'objet de cette première partie de notre communication de montrer, en prenant Lyon pour exemple, qu'on peut tirer un merveilleux parti du groupement des dépenses et du groupement des recettes, de façon à étayer les éléments de l'ensemble les uns par les autres. Autrement dit, qu'il y a, en matière de travaux publics comme en matière d'industrie, des sous-produits permettant, si on veut les exploiter, d'aborder franchement les solutions complètes et fécondes, au lieu de s'éterniser dans le système des petites améliorations successives que leur lenteur d'exécution et leurs perpétuelles insuffisances rendent stériles.

L'alimentation de Paris en eau potable et en eau de voirie offre l'un des exemples les plus remarquables qu'on puisse citer des déplorables effets de ces systèmes de « petits paquets ». Outre qu'on n'a rien, malgré l'exécution de continuels compléments, la complication est devenue telle que la somme des efforts pour

résoudre cette double question est arrivée à l'obscurcir au lieu de l'éclairer.

Nous avons dit plus haut que pour ce qui touche à l'alimentation des eaux ménagères et publiques, les Lyonnais ont définitivement indiqué aux Ingénieurs la source où ils veulent qu'on puise : les plages du Rhône à l'entrée de la ville ; il en résulte que cette alimentation n'exige que de la force motrice, 2 000 *ch* environ pour 200 000 m^3. D'autre part, un réseau séparé et fermé pour les vidanges exige des puisards et une ou plusieurs usines de refoulement, c'est-à-dire encore de la force motrice : 6 à 700 *ch*.

Quant à l'éclairage électrique, il ne peut devenir réellement une aide effective au travail et une réelle économie que s'il est excessivement répandu, et s'il est par suite très bon marché. Pour 150 000 lampes, ce qui est modeste pour 600 000 habitants, il faudrait 15 000 *ch* sur les dynamos de lumière supposées au centre de leur secteur respectif, soient plus de 35 000 *ch* bruts, en passant par l'intermédiaire d'un transport à distance ; or, ce dernier cas est obligatoire en l'espèce, à moins d'employer du charbon. On voit, d'après cela, que dans la situation particulière de Lyon, il suffit d'avoir beaucoup de force pour résoudre en même temps les problèmes de l'alimentation, des vidanges et de l'éclairage ; et l'on entrevoit qu'en bien s'organisant pour ce dernier, on pourra disposer durant le jour de l'énergie aménagée pour cet éclairage du soir et venir ainsi en aide à l'industrie.

Le total de la force nécessaire à la solution de ces trois problèmes est de 38 à 40 000 *ch* bruts.

Première Partie

Création et transport de la force.

I

Il suffit d'avoir beaucoup de force, mais c'est un chiffre considérable que celui de 38 à 40 000 *ch* bruts, pourtant rien n'est plus aisé que de les réaliser à Lyon. Ils peuvent être facilement fournis, et dans des conditions remarquables de continuité et de sécurité de fonctionnement, par une dérivation de 10 à 12 m^3 d'eau venant de la vallée de l'Ain à la cote 304 vers le village de Rilleux, à travers le plateau des Dombes, pour se verser dans

un réservoir naturel situé à la cote 283; à 115 *m* au-dessus des plus hautes eaux du Rhône et à 3 *km* seulement de la station de la Pape au bord de ce fleuve, sur la ligne ferrée de Genève, c'est-à-dire dans des conditions exceptionnellement commodes pour utiliser la chute résultant de la différence de niveau. Avec cette chute, il faudrait 25 m^3 d'eau par seconde pour donner 38 000 *ch* bruts et 26 m^3 pour en donner 40 000.

La vaste étendue du bassin d'arrivée, véritable lac de 450 *ha*, permettrait des prises passagères de cette importance; elle permettrait, en outre, de suivre toutes les oscillations de la consommation de force si grande qu'elles fussent, et de parer durant des semaines, à des réparations de l'aqueduc.

L'aqueduc, y compris l'émissaire du bassin à l'arrivée, aurait une longueur totale de 89 *km*. Le coût, y compris la tuyauterie de la chute de 115 *m* prévue pour débit de 26 m^3 au moins, et en y comprenant aussi les turbines ou autres mécanismes recueillant la force, s'élèverait à 26 millions. Les moteurs seraient à 4,5 *km* des premières maisons de Lyon (pont Saint-Clair) et à 7 *km* du centre de l'agglomération de 600 000 habitants dont nous parlions en commençant.

Les travaux à exécuter rentrent tous dans les catégories d'ouvrages les plus courants de maçonnerie et de terrassement, le tracé ne comportant ni viaduc, ni siphon, ni souterrain important. Ils seraient si aisés à réaliser qu'il semble que la nature, voulant en provoquer un jour l'exécution, ait disposé spécialement à leur effet des régions profondes et dénudées dans les vallées de la Valouse, de l'Ain et de la Bienne pour l'établissement de barrages-réservoirs, le plateau régulier du pays des Dombes pour le passage d'un aqueduc, et la haute falaise qui domine le Rhône à l'entrée de Lyon pour l'aménagement d'une chute d'eau.

C'est à dessein que nous signalons, en y insistant, ces circonstances topographiques. Il est des cas où la topographie d'une région doit être l'inspiratrice de l'ingénieur, la cause première de ses conceptions d'ensemble; il ne suffit pas, comme dans l'art militaire des fortifications, de plier des projets au terrain; le terrain doit être le motif générateur originel.

II

Que faire d'une puissance de 38 à 40 000 *ch* bruts existant en une seule masse à 6 ou 7 *km* des points où ses effets pourraient être utilisés?

Les progrès incessants de l'électricité, ses succès et ses conquêtes dans toutes les branches de l'industrie, ses avantages propres, dans les questions de franchissement des distances, portent tout naturellement l'esprit à entrevoir la réponse à cette question dans un transport électrique : de hauts voltages, qui s'obtiennent aisément et des fils nus très fins, très simplement posés en plein air, comme des fils de télégraphe, suffisent pour fournir une foule de solutions simples et économiques. Pourquoi chercher autre chose? C'est qu'en y regardant de plus près, il y a des complications : les hauts voltages exigent des courants polyphasés, des élévateurs de tension, des transformateurs à l'arrivée, des lignes d'une pose délicate, d'un entretien onéreux. Si l'énergie est destinée à des moteurs, mille ennuis attendent l'exploitation, si elle est distribuée à la fois à des moteurs et à l'éclairage, c'est pire encore. De plus, dès qu'il s'agit d'une ville importante, et c'est absolument le cas pour la ville de Lyon, la ligne de transport est tenue de traverser des zones profondes de villas, de jardins, de faubourgs, d'où l'obligation d'employer des canalisations souterraines, d'où aussi l'obligation de restreindre l'importance du voltage, ce qui, en définitive, transforme la simple ligne télégraphique en un faisceau de câbles fort chers et d'une pose qui nécessite, dès qu'il s'agit d'un nombre important de watts, la construction de caniveaux sinon de véritables galeries maçonnées.

Ces remarques conduisent à se demander s'il n'est pas possible, pour pénétrer dans une ville, de trouver quelque autre forme de transport, un mode hydraulique, par exemple, puisque c'est de l'eau qu'on a au point de départ. On n'en voit guère, il faut le reconnaître, si la distance à franchir est très grande; mais, dans le cas lyonnais que nous avons à examiner et qui ne met en jeu qu'une distance de 7 *km* pour atteindre le centre de la ville, il y avait quelque raison de faire une sérieuse comparaison entre le mode électrique que les circonstances compliquaient et le mode hydraulique qu'elles semblaient favoriser. Pour transporter de l'énergie électriquement, il faut un courant électrique et un

conducteur; pour transporter de l'énergie hydrauliquement, il faut un courant d'eau et un conducteur. Dans les deux cas, le conducteur joue un rôle prépondérant dès que la distance à franchir devient importante; aussi, pour établir une comparaison entre les deux systèmes, les premières choses à connaître sont-elles les suivantes : quelles sont les exigences d'établissement d'un conducteur hydraulique pour qu'il ait un bon effet utile? Quel encombrement peut-il causer? Quel en est le coût? Cherchons d'abord à préciser le diamètre d'où découlent toutes les autres dimensions.

Diamètre. — L'énergie transportée est le produit de la pression intérieure dans la tuyauterie par le volume débité. Ce dernier dépend du diamètre et de la vitesse ; mais, d'un autre côté, le rendement baisse avec l'augmentation de la vitesse, et le coût du tuyau s'élève rapidement si l'on élève la pression et le diamètre en vue de diminuer la vitesse nécessaire au débit. Par suite de ces circonstances, le problème de la recherche de la meilleure canalisation, posé ainsi dans sa généralité, ne signifie pas grand'chose; il ne devient intéressant que pour des cas particuliers, déterminés, qui en justifient une étude. Mais il n'y a pas de solution générale. Nous signalons cette circonstance qui est peut-être une des causes du très rare nombre d'applications existant à ce jour. Pour Lyon, nous voulions avoir, aux points d'arrivée, 15 000 à 20 000 *ch* sur les turbines. L'encombrement étant une cause sérieuse de difficulté, il était tout indiqué de chercher à élever beaucoup la pression intérieure dans la tuyauterie de transport, afin de diminuer le volume d'eau à faire circuler et, par suite, le diamètre des tuyaux. Sur ce premier point, nous référant à des installations existant dans les usines de l'Isère, nous avons adopté une pression de 63 *atm* donnant sur les moteurs, à l'arrivée, une pression de près de 60. A l'usine de Lancey, chez M. Bergès, il y a une importante canalisation sous 500 *m* de pression d'eau. L'une des conduites maîtresses a 0,45 *m* de diamètre. A Chapareillan, pour l'usine d'électricité de Chambéry, fondée par M. Bravet, il y a 612 *m* de hauteur d'eau sur 2 turbines de 400 *ch* et 2 turbines de 200 *ch*. Le diamètre de la conduite est de 0,350 *m*. Adoptant cette pression de 63 *atm*, il faut, pour réaliser 15 000 à 20 000 *ch*, transporter 3 m^3 d'eau. C'est l'intensité du courant.

Quelle section adopter pour le conducteur?

En matière de tuyaux, le prix est proportionnel aux carrés des diamètres, et le débit également; au débit égal, l'atténuation des pertes de pression ferait donc préférer les forts diamètres, mais les difficultés de pose dans une ville obligent à se limiter. Avec un diamètre de 0,48 *m*, un tuyau débite 300 *l* sous la vitesse de 1,70, vitesse suffisamment restreinte pour un bon rendement et pour que les chocs ne soient pas trop à craindre. Adoptons-le. 10 tuyaux semblables sont nécessaires pour débiter 3 m^3; on peut, d'après ces premiers éléments, se rendre compte de l'encombrement. Il n'a rien d'excessif et n'existe même que si tous les tuyaux sont réunis en faisceau. Individuellement, chacun d'eux n'est aucunement gênant, il peut être placé dans tous les chemins, dans toutes les rues; il en serait ainsi, également, pour un diamètre de 0,50 *m* et même de 0,60 *m*. Au point de vue des travaux de réalisation, un transport hydraulique est donc, avec les données qui précèdent, parfaitement pratique. Mais, est-il avantageux au point de vue de l'effet utile? Quel est son rendement?

Rendement. — Dans un tuyau donné, de diamètre constant, la perte de pression est proportionnelle à la longueur du tuyau et fonction de la vitesse de la circulation de l'eau. Cette dernière est elle-même une conséquence de la section des ouvertures de prises d'eau ; si on s'astreint à régler ses ouvertures de façon qu'il ne puisse pas s'écouler plus d'un nombre maximum déterminé de litres par seconde, à ce nombre répondra une vitesse également déterminée et la perte de pression correspondante sera la plus grande, parmi toutes celles qui seront possibles en service courant. En donnant à la perte de pression cette valeur maxima, on sera certain d'avoir, en pratique, une position meilleure,

Le calcul de rendement d'un tuyau est ainsi très simple et tout à fait sûr. La pression au départ étant P et la perte maxima adoptée par mètre courant étant Z, la pression restante p à une distance l de l'origine est :

$$p = P - l\,Z.$$

Avec le tuyau indiqué plus haut de 0,480 de diamètre pour la pression initiale P = 630 *m* et un débit de 300 *l*, on a :

$$Z = 0{,}00863\ m.$$

Donc, si $l = 5\ km$,

$$p_5 = 630 - 5\,000 \times 0{,}00863 = 630 - 43{,}15 = 586{,}85,$$

d'où un rendement de :

$$T_5 = \frac{586{,}85}{630} = 93\ 0/0,$$

et si $l = 7\ km$,

$$p_7 = 630 - 7\,000 - 0{,}00863 = 630 - 60{,}41 = 569{,}59,$$

d'où un rendement de :

$$T_7 = \frac{569{,}59}{630} = 90\ 0/0,$$

Nous sommes ainsi en droit de fixer à 90 0/0 le rendement de notre tuyauterie ; il sera toujours supérieur en marche.

Une caractéristique remarquable de ce rendement est sa certitude, son immuabilité. Peut-on en dire autant du rendement d'une ligne électrique, surtout si elle est concentrique ? Les défauts d'isolement ne peuvent aller que s'aggravant, ils peuvent être continuels et devenir ruineux.

Nota. — Nous avons négligé l'influence des courbes et des zigzags du tracé ; c'est qu'avec la faible vitesse de circulation adoptée, elle est de l'ordre des décimales, négligées dans nos chiffres ; du reste, pour la tuyauterie de transport proprement dite, on peut éviter tous les changements brusques de direction.

Or, il ne s'agit encore que du transport en masse ; nous nous occuperons plus loin de la distribution.

Sous la pression restante, après le parcours moyen de 7 *km*, en supposant la totalité de 300 *l* qu'on demande à chaque tuyau du réseau consommée seulement aux extrémités, chaque tuyau peut fournir 1.700 *ch* sur une turbine de 75 0/0 de rendement ou 2.125 *ch* bruts. Avec 10 tuyaux et 3 m^3, on disposera ainsi en pleine ville de 21 250 *ch* bruts. Ils seront livrables au compteur à n'importe quel moment du jour ou de la nuit, et il suffira d'avoir des robinets pour les utiliser.

Mais comment obtenir une pression initiale de 630 *m* sur laquelle nous nous sommes appuyés pour arriver à ce résultat ?

Transformateurs hydrauliques ou élévateurs de pression. — Dans l'Isère et les pays de montagnes, les usines qui utilisent ces pressions les obtiennent directement en allant chercher leurs prises d'eau à une altitude suffisante. Elles sont généralement, dans ce cas, sur des ruisseaux provenant de massifs montagneux

avec glaciers élevés et lacs; aussi, est-ce avec quelque raison qu'on a pu qualifier de *houille blanche* les masses de glaces et de neiges qui alimentent ces ruisseaux et, par extension, leur appliquer la même dénomination.

A Genève où existe une distribution d'énergie par eau sous pression à 136 *m*, on chasse de l'eau dans une conduite forcée à l'aide de pompes mises en mouvement par les turbines de la Coulouvrenière; la force initiale est due à une chute de 3 *m* avec tout le Rhône comme masse pesante; dans ces conditions, aucun moteur autre qu'une turbine n'est acceptable. Mais, dans notre cas, nous disposons de 115 *m* de chute, et le maximum de nos prévisions do force nous oblige à faire tomber 25 à 26 m^3 d'eau seulement. Cette quantité est recevable dans des transformateurs hydrauliques, en appelant ainsi, suivant l'usage, des pompes à deux pistons plongeurs de sections différentes sur la même tige, avec distribution automatique.

Ce sont des appareils d'une extrême simplicité, robustes et indérangeables, si l'on a de l'eau propre; leur grand avantage sur les pompes ordinaires, c'est qu'ils ont un rendement de 85 à 90 0/0 très officiellement démontré. Pour indiquer leur valeur comme instruments de transformation, nous nous contenterons de signaler que MM. Biétrix, Nicollet et C[ie], de Saint-Etienne, en construisent, d'après les brevets Kaseloswky, donnant un courant d'eau régulier à 270 et même 300 *atm* ; le dispositif comporte les coussins d'air comprimé Prött et Scheeloff. A ces pressions, l'acide carbonique est liquide à toutes les températures de l'atmosphère; il en résulte la possibilité d'avoir, au lieu d'un ressort d'air comprimé à tension variable, un ressort d'acide carbonique gazeux saturé à tension constante (Prött et Scheeloff). Un rendement supérieur à 85 0/0 est garanti.

Pourtant, afin de ne rien exagérer, nous avons compté dans les calculs suivants que les transformateurs rendent seulement 78 0/0.

Reste à mettre en marche ces transformateurs. C'est la fonction de la chute d'eau de 115 *m*, source première de la force à transporter. Sa mise en œuvre ne présente rien de particulier, sauf l'importance du volume d'eau, 25 à 26 m^3, comme nous l'avons vu ; mais c'est là une question de tuyauterie très courante; la pression finale, 115 *m*, est assez faible pour qu'on puisse choisir le diamètre qu'on voudra. D'autant que la question d'encombrement n'existe pas, la pose étant à faire à travers champs

en pleine campagne. Des tuyaux de 1,50 *m* de diamètre débiteraient chacun 3 m^3 avec un rendement de 93 0/0, et il en faudrait 8. Si l'on prenait un diamètre de 2 *m*, on débiterait 6 m^3 avec le même rendement, et il faudrait quatre tuyaux semblables seulement.

De telles dimensions sont tout à fait pratiques : à l'usine de MM. Corbin et Cie, à Chedde (Haute-Savoie), il y a deux tuyaux de 1,50 *m* débitant chacun 4 m^3, sous la pression de 140 *m* d'eau. D'autre part, la maison de construction Biétrix, Nicollet et Cie, de Saint-Etienne, établit en ce moment une tuyauterie de 2 *m* de diamètre pour une pression de 95 *m*.

Ainsi, moyennant une chute d'eau propre de 115 *m*, on peut, avec un rendement de 78 0/0, fournir un courant d'eau régulier, à la pression de 63 *kg*, et ce courant d'eau peut circuler jusqu'à 7 *km* et au delà, en ne perdant que 10 0/0 de sa pression, dans des tuyaux d'un maniement et d'une pose assez faciles.

Ceci posé, comparons l'installation d'un transport électrique souterrain à 3 500 volts et d'un transport hydraulique, répondant aux données qui précèdent, au point de vue du rendement final.

III

Pour éviter les longueurs de descriptions, nous avons établi les deux schémas ci-dessous qui, avec leurs légendes, s'expliquent d'eux-mêmes.

Schéma N° 1. Transport hydraulique

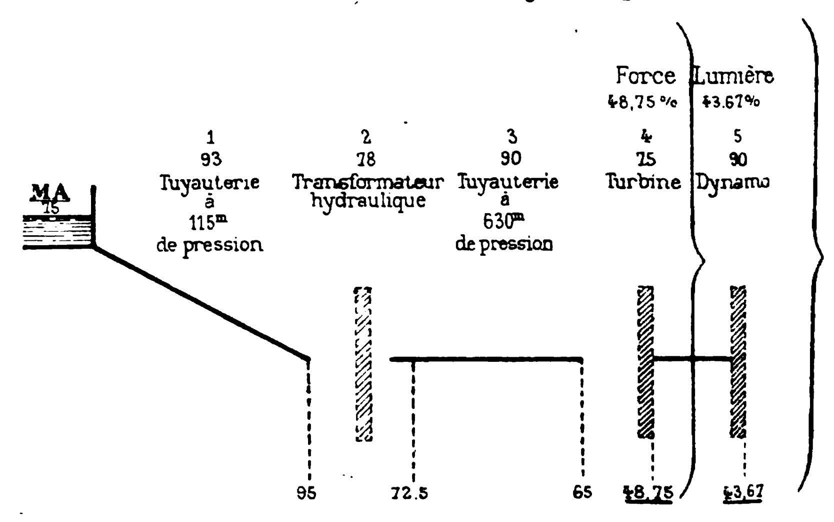
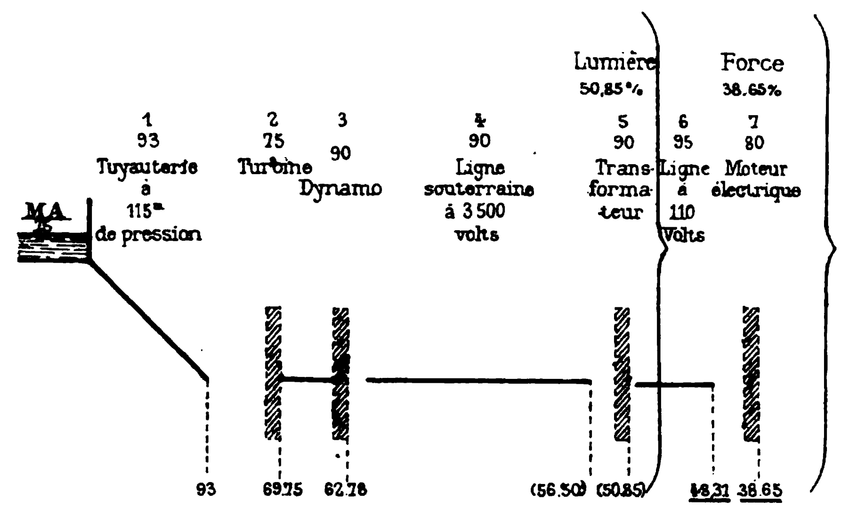


Schéma N° 2. Transport électrique



On a, d'après cela, les deux chaines de rendements suivantes :

1° *Transport hydraulique (Schéma n° 1).*

Nos des éléments.	Éléments.	Rendement de chaque élément.	Rendements terminaux successifs.
1	Tuyauterie à 115 *m* de pression	93	93
2	Transformateur hydraulique	78	72,5
3	Tuyauterie à 630 *m* de pression	90	65
4	Turbine	75	48,75 (Transport de force réalisé)
5	Dynamo	90	43,67 (Éclairage réalisé)

2° *Transport électrique (Schéma n° 2).*

1	Tuyauterie à 115 *m* de pression	93	93
2	Turbine	75	69,75
3	Dynamo	90	62,78
4	Ligne souterraine à 3 500 volts.	90	56,50
5	Transformateur	90	50,85 (Éclairage réalisé)
6	Ligne à 110 volts . . .	95	48,31
7	Moteur électrique . . .	80	38,65 (Transport de force réalisé)

On pourrait longuement batailler sur les rendements partiels inscrits dans ces deux petits tableaux (1), nous les considérons comme très réguliers et n'ayant qu'un défaut : celui d'être légèment élevés. En pleine marche, avec les défauts d'isolement, les altérations des matériaux des dynamos pour l'électricité et avec l'usure des ajutages et les dépôts dans les tuyaux pour l'eau, il faut compter un déchet d'ensemble d'au moins 10 0/0 sur les chiffres terminaux qui précédent. D'autant qu'ils sont déduits avec le bénéfice d'une hypothèse qui ne so réalisera jamais : celle d'un régime constant de marche. On a donc finalement les rendements pratiques suivants :

	Éclairage.		Force.	
	—		—	
Transport hydraulique.	39 0/0	(39,30)	44 0/0	(43,88)
Transport électrique .	45 0/0	(45,77)	34 0/0	(34,79)

Dans le cas où, pour faire des économies de câbles, on arriverait à canaliser à un très haut voltage, 10 000 volts par exemple, la ligne ne rendrait pas davantage, elle serait moins coûteuse, simplement; mais il faudrait ajouter à l'appareillage un élévateur de tension, qui, par suite des oscillations dans le fonctionnement, ne rendrait pas plus de 90 0/0. Les rendements d'un transport électrique deviendraient ainsi :

	Éclairage.		Force.	
	—		—	
Transport électrique à haut voltage	41 0/0	(41,19)	31 0/0	(31,31)

Conclusion. — En se tenant, malgré la légitimité de cette dernière observation, aux nombres tout d'abord cités, savoir :

	Éclairage.	Force.
	—	—
Transport hydraulique.	39 0/0	44 0/0
Transport électrique. .	45 0/0	34 0/0

(1) Si l'on demande, par exemple, 92 0/0 pour les dynamos, nous demanderons 82 0/0 pour les transformateurs hydrauliques ; si on abaisse de 75 à 72 0/0, ce qui serait se rapprocher de la vérité, le rendement des turbines réceptrices sous haute pression, nous critiquerions le chiffre de 80 0/0 pour les moteurs électriques et celui de 90 pour les transformateurs chargés de faire face à la fois à des lampes et à des moteurs ou à de gros et petits moteurs.

La valeur numérique du rendement d'un outil ou d'un appareil de transformation d'énergie, est excessivement influencée par les conditions de milieu, les méthodes d'emploi, la continuité de marche, etc.; elle est, par excellence, un « cas d'espèce ». Ce n'est que dans des circonstances spéciales où un régime permanent très soutenu peut être réalisé que le rendement peut devenir une constante de l'appareil, un nombre ne dépendant que de lui-même. Il est donc sans intérêt, dans un projet, de faire choix de chiffres de rendement très précisés, mais s'écartant peu, en définitive, des chiffres ronds traditionnels, qui sont dans toutes les mémoires, et qui ont l'immense avantage de faciliter les discussions et de rendre comparables les études.

il est permis de conclure que, pour le franchissement d'une petite distance, une dizaine de kilomètres, le transport d'énergie par voie d'eau comprimée pour l'obtention de force motrice est plus avantageux au point de vue du rendement que le transport par voie électrique, et qu'il est à peu près équivalent pour ce qui concerne la lumière ; à la condition, toutefois, que les circonstances locales se prêtent à l'établissement de transformateurs hydrauliques ou, ce qui équivaudrait, que la source d'énergie à transporter soit gratuitement surabondante.

Si les reliefs du sol permettent l'obtention directe de fortes pressions par le simple effet de la pesanteur, la perte de 22 0/0 dans les transformateurs disparaît ; elle est remplacée par une perte de canalisation, mettons 10 0/0; les chiffres de rendement sont alors :

	Éclairage.	Force.
	—	—
Transport hydraulique.	45 0/0	51 0/0
Transport électrique .	45 0/0	34 0/0

Sans doute, la condition pour les obtenir est assez spéciale, mais que de régions dans tous les pays, où elle serait partiellement ou totalement réalisable !

Deuxième Partie

Accumulation et Distribution.

I

Les industriels, les manufacturiers, les artisans n'emploient pas tous la force motrice de la même manière; or, dans une ville, et c'est le cas ici, toutes les variétés d'emploi sont réunies.

Fournir de la force à une ville est donc un problème bien différent de celui de la même fourniture à une usine unique. D'une manière générale, on peut même dire que la vie industrielle d'une cité a besoin, pour s'alimenter, de sources d'énergie et non pas précisément de force; des dépôts de charbon seraient assurément, à ce point de vue, la solution la plus complète s'ils étaient également bon marché et d'une égale commodité d'emploi pour tout le monde.

Non seulement chacun veut puiser sa force à sa guise à la source qu'il a acquise, mais il ne veut payer que ce qu'il con-

somme effectivement. Les arrêts, les ralentissements, les demi-marches doivent donner naissance à une diminution correspondante de dépense. C'est même d'une importance capitale pour la popularité et la prospérité des affaires de distribution de force. Les arrêts des outils dans un atelier d'artisan sont continuels, et dix heures par jour de travail d'un ouvrier correspondent à quatre ou cinq heures de marche de son outillage. Voici par exemple, une imprimerie lyonnaise (1); elle a 8 moteurs à air comprimé faisant au total 5 *ch* et actionnant directement 8 machines diverses; le travail y est actif et soutenu; les 8 machines sont toutes en service courant; mais la somme des heures de leur travail reste constamment entre 18 et 20. De sorte que cette installation de 50 chevaux-heures par jour est, au point de vue de la consommation, un centre de 10 à 12 chevaux-heures, et c'est ce nombre seulement que l'acheteur veut payer. D'autre part, il est nécessaire d'être toujours maître de la vitesse.

Les moteurs à air comprimé, ayant un rendement à peu près indépendant de la vitesse, répondent très bien à ce double desideratum. Les turbines d'eau, sous pression, donnent bien aussi la totalisation des économies résultant des arrêts et ralentissements, mais elles marchent un peu vite. On peut pourtant régler beaucoup la vitesse dans les installations en variant les diamètres : aux usines de Lancey, il y a 40 turbines dont les diamètres vont de 0,30 *m* à 4,30 *m*.

Le plus mauvais des moteurs parait être une dynamo réceptrice; sa vitesse est excessive et les artifices pour la réduire ou pour diminuer la consommation d'électricité absorbent stérilement des masses énormes de travail. Il faudrait, pour bien faire, être soi-même son propre fabricant d'électricité et se fournir en courant continu. Dans les vastes papeteries de la Haye-Descartes. on a, ainsi, supprimé de nombreuses transmissions par arbres et courroies en installant un réseau intérieur de distribution électrique; il y a trois génératrices conjuguées et à champ variable; de cette façon, le fonctionnement est satisfaisant, mais cela n'a aucun rapport avec une installation qui recevrait, d'une canalisation primaire extérieure indépendante, des courants polyphasés.

Dans des organisations semblables, se trouvera toujours le maximum d'avantages : force au centre du groupement des outils à faire mouvoir, et distribution à l'aide d'électricité, de l'air com-

(1) Imprimerie Saillard.

primé ou raréfié, ou de tout autre mode approprié au genre d'industrie. C'est là, la véritable solution de la distribution de l'énergie dans un centre d'activité où le travail revêt toutes sortes de formes variées.

Le mode de transport doit la permettre. Or, de telles transformations secondaires causent des pertes si considérables qu'elles ne peuvent être entrevues comme possibles que si la force servant à leur réalisation est tout à fait bon marché; un des plus sûrs moyens de satisfaire à ces conditions est d'avoir une installation originaire de force très élastique et munie de moyens efficaces d'accumulation et de répartition; autrement dit, d'avoir un mode de création et de transport qui totalise et conserve automatiquement toutes les différences résultant des variations de la consommation.

Dans le cas lyonnais qui sert d'objet à ces considérations générales, tous les frais d'établissement trouvant des éléments suffisants d'amortissement, sans prévoir aucune recette du chef de la fourniture de force motrice à l'industrie, on pourrait céder cette force à aussi bas prix qu'on le voudrait, et permettre ainsi aux industriels de l'utiliser à leur guise. Inversement, on pourrait demander l'équilibre financier à des recettes de fourniture de force et assurer alors l'éclairage à des prix exceptionnellement réduits. On voit par là tout l'intérêt qu'il y a pour une grande cité à ne pas séparer ces deux problèmes et à leur donner une solution commune basée sur un système d'accumulation. Lorsque la force originaire est donnée par une chute d'eau, on dispose *ipso facto* de l'accumulateur le plus sûr et le plus commode qui soit encore connu : un réservoir suffisamment vaste en tête de la chute.

II

La recherche d'une force hydraulique de cette catégorie doit donc être l'objet des plus sérieux efforts; le transport consécutif sous forme d'eau comprimée à très forte pression et dans des tuyaux de gros diamètres, si la distance à franchir n'est pas excessive, doit être ensuite adoptée; il se prête le mieux aux exigences d'une distribution urbaine véritablement précieuse pour l'industrie. Une circulation d'eau en charge ne trompe jamais et est tout à fait inoffensive. Pour Lyon, en particulier, une autre considération est encore à faire valoir : Il y a une importante Société d'air comprimé donnant satisfaction à la clientèle spéciale

qu'elle dessert; il y a de très nombreuses installations d'éclairage électrique dans des maisons ou des îlots de maisons, de telle sorte que les fils ne traversent pas les rues. Un transport hydraulique donnerait des turbines améliorant tous ces services, le cheval-vapeur intermittent, à l'aide du charbon, leur revenant fort cher. Cette circonstance vaut la peine d'être signalée : trop souvent, en effet, la réalisation de grandes affaires d'ensemble cause des ruines auxquelles les compensations sont lentes à venir. Un transport électrique ne pourrait rien en l'espèce, il y aurait une cascade de déchets d'utilisation par trop exagérée.

III

Si l'on se place au seul point de vue de la lumière, un transport par courants alternatifs donnant immédiatement les circuits des lampes après de simples et robustes transformateurs, possède un rendement élevé, et semble très sûr. Dans le cas de l'eau sous pression, il faut actionner à l'arrivée des dynamos et produire l'électricité dans des stations petites et grandes : le rendement est moindre (de 6 0/0, comme il a été dit plus haut). A première vue d'autre part, il paraît y avoir, en outre, plus de complication.

Mais que d'avantages en échange : indépendance des secteurs, liberté de mise en marche et d'arrêt à un moment quelconque du jour, distribution à courant continu permettant à chacun de remanier à sa guise ses installations de lampes, courant continu utilisable le jour pour la charge des accumulateurs, la traction des tramways, le ravitaillement des automobiles électriques, l'électrolyse, etc. N'y a-t-il pas quelque chose d'anormal à faire d'énormes installations de transport et de distribution pour quelques heures de lumière seulement ?

IV

Quant au coût, nous n'y insisterons pas, c'est une question spéciale pour chaque cas ; or, dans le cas de Lyon où le centre originaire de la force est à 7 *km* du centre de distribution en ville, le transport de 26 000 chevaux pris au point de départ, coûterait hydrauliquement : 8 à 9 millions, et par fil souterrain à 3 500 volts, souterrainement : 9 à 10 millions. Notre excellent ami M. Bravet, qui est pourtant un spécialiste et un convaincu en matière d'électricité, développera plus loin ces chiffres.

V

Pourquoi, si tant d'heureuses conséquences peuvent sortir d'un transport hydraulique, n'est-il possible d'en citer aucun?

C'est, à nos yeux, parce que la question n'a pas été bien posée jusqu'à présent, ni surtout suffisamment discutée, ne fût-ce qu'au seul point de vue spéculatif. Il n'existe pas d'ouvrage didactique, pas de leçons spéciales dans les cours des grandes écoles, sur les transports hydrauliques d'énergie. Le principe est cité partout, mais suivi de réserves générales visant les pertes de charge, comme si ces pertes étaient forcément excessives. D'autre part, presque tous les auteurs parlent de pressions entre 50 et 150 *m* d'eau, exception étant faite pour les réseaux hydrauliques de l'outillage des ports de mer et de certains grands ateliers. Mais, pour ces réseaux, le problème est partout traité en ne s'écartant pas de son objet étroit, aucune généralisation n'en est sortie; nous ne voulons pas dire qu'il y ait là une question neuve, mais il est incontestable qu'elle a été fort peu fouillée, surtout si l'on met en regard les polémiques, les essais, les publications innombrables qui éclairent l'histoire des autres modes de transport.

Il y a là une lacune, et cette lacune est regrettable, parce que la praticabilité d'un transport hydraulique sous très forte pression avec de gros diamètres est certaine, et que les avantages qui lui sont propres sont assez considérables pour, dans bien des cas, justifier, à l'occasion d'un programme de travaux, l'examen de son adoption. On dit, avec beaucoup de force, en médecine: il n'y a pas de maladies, il y a des malades; nous sommes tentés de dire aussi: il n'y a pas de procédés déterminés de transport d'énergie, il y a des occasions et des conditions.

Au reste, il n'est pas tout à fait exact de dire qu'il n'existe aucun exemple. Tous les Ingénieurs connaissent, en effet, la célèbre installation Van Rysselberghe et Moris, à Anvers. Une canalisation hydraulique à 52,5 *atm* s'étend dans la ville sur 7 *km*; il y a trois diamètres, 0,300, 0,191 et 0,100; la conduite de 0,300 à 1,500 *m* de développement. Au point de vue technique, le succès a été complet, mais au point de vue financier, la Société a eu à lutter contre la cherté de la compression artificielle de l'eau à l'aide de moteurs à vapeur.

Cette installation, véritable modèle par suite de la perfection de son exécution, ne réalisait pas, à proprement parler, un trans-

port d'énergie, elle était un mode de distribution ; elle constituait l'une des transformations complémentaires dont nous parlions plus haut. Le manque d'industrie et l'absence de petits ateliers dans la ville d'Anvers eussent dû être des contre-indications, ou bien il eût fallu pouvoir abaisser suffisamment les tarifs de vente pour appeler les industries. Ce qu'il y a de certain en tout cas, c'est que l'exploitation du système par la Société fondatrice n'a encore révélé aucune défaillance de son principe hydraulique.

Conclusions.

La réalisation d'un pareil programme de travaux n'est possible qu'à l'aide d'une déclaration d'utilité publique, et ici, on nous a fait une observation qui vaut bien la peine de quelques mots d'exposition, parce que bien des Ingénieurs, bien des municipalités la rencontreront et abandonneront peut-être, à cause d'elle, des projets pratiques et féconds. On nous a dit : Les principes du droit, en France, autorisent l'expropriation pour des causes d'utilité publique, c'est-à-dire pour ce qui touche à l'hygiène, aux communications, à la satisfaction des besoins de première nécessité, dans des agglomérations d'hommes ; mais les charges et servitudes, les dommages qui en résultent pour les expropriés doivent être rigoureusement justifiés et étroitement limités ; on ne saurait, sous prétexte d'alimentation d'eau d'une ville, autoriser des expropriations qui iraient plus loin que cet objet, et permettraient de faire de la force motrice, de l'éclairage électrique ou, d'une manière générale, du commerce ou de l'industrie.

Cette rigueur de principe est d'une justice apparente seulement et cache un sophisme.

Lorsqu'une concession de mine est accordée, l'expropriation atteint non seulement le périmètre des puits, mais une superficie de terrain permettant aux concessionnaires d'exploiter à l'aise le sous-sol. Si, par exemple, il s'agit de charbon, ils peuvent faire des lignes ferrées pour évacuer les produits d'extraction, et sur ces lignes obtenues par de véritables expropriations, faire circuler du coke, du goudron, de l'ammoniaque, bref, tous les produits ou sous-produits qui sont la raison d'être de leur existence. On veut l'extraction de la houille, tel est le but; on en fournit les moyens, telle est la conséquence logique.

Une législation spéciale existe qui facilite la mise en valeur des charbonnages, non pour le charbon lui-même et ses quelques

utilisations directes, mais parce qu'il a la propriété de nous céder facilement de l'énergie sous une forme qui la rend asservissable à nos besoins. Les masses glaciaires et neigeuses de nos montagnes, véritables mines de « houille blanche », les emmagasinements d'eau sur les hauteurs, les ruisseaux qui en descendent, recèlent aussi de l'énergie: c'est leur tour d'appeler l'attention des pouvoirs publics et d'obtenir quelque chose d'eux. Bien des ingénieurs ont déjà eu ce souci: Emmery qui fut, avec Belgrand, ingénieur en chef de Paris, Thomé de Gamond, dans une brochure trop peu répandue, malgré certaines graves erreurs, Charles Cotard, dans divers écrits d'un style élevé et magnifique, Aristide Bergès père, à Lancey, par exemple, ont établi le grave intérêt immédiat, et pour l'avenir, qui s'attache au côté potentiel de l'existence de l'eau aux diverses altitudes du sol.

Or, voici une importante agglomération, la seconde ville de France : sa prospérité est d'utilité générale, l'amélioration de son hygiène exige le doublement du service de son alimentation en eau pure, une réduction de plus de moitié des tarifs de vente actuels et l'établissement de canalisations spéciales de vidanges. Aucune des combinaisons imaginées à cet effet, depuis dix-sept ans, qu'on en étudie, n'a pu aboutir. Les conditions financières locales qui enserrent tous les projets imaginables, les étranglent tous par avance, s'ils n'ont, pour se défendre, que le seul service de l'eau pure. Il leur faut donc absolument un sous-produit ou une subvention de l'État. Or, le sous-produit est possible; il suffit, pour en assurer le service, d'autoriser sur des rivières données une prise d'eau déterminée mais plus importante que ne le justifierait le seul besoin de l'alimentation. La dérivation n'aggrave pas les conséquences des basses eaux, bien au contraire; sa réalisation permettrait de relever les étiages dont les abaissements naturels fréquemment excessifs, sont une cause de ruine et de misère. Aucun dommage direct ou indirect ne saurait résulter de l'autorisation; aucune raison technique ne s'y oppose; il n'y a d'autre objection que celle tirée de l'interprétation des mots « cause d'utilité publique » que nous citions plus haut. Dans ces conditions, va-t-on se trouver acculé à un renoncement ou à la sollicitation d'une subvention de l'État, c'est-à-dire d'une expropriation, sans indemnité, d'une part des deniers de tous les Français?

S'il en devait être ainsi, il faudrait reviser nos codes.

Il nous faut conclure. Nous venons d'exposer un desideratum qui intéresse, à notre idée, au plus haut point, le monde des Ingé-

nieurs et la prospérité industrielle et commerciale du pays; il vise la loi du 3 mai 1841 et divers articles du Code civil. Ce n'est pas à nous seulement qu'il paraît y avoir là une question mûre, exigeant des remaniements législatifs. Il existe, en effet, depuis six ou sept ans, en permanence sur les ordres du jour du Parlement, une proposition de loi très étendue qui, sous la dénomination de code rural, nous donnerait, en partie, satisfaction. Nous exprimons le vœu de voir la discussion de cette proposition de loi s'engager le plus rapidement possible.

D'autre part, nous avons tenté de faire voir, en prenant la situation de Lyon comme exemple, mais en nous plaçant néanmoins à un point de vue général, que souvent on simplifie les grands problèmes d'édilité en les élargissant. La séparation des intérêts conduit à la séparation des moyens et souvent à l'impuissance finale. En recherchant, au contraire, une solution unique et vaste susceptible d'englober toutes les solutions partielles frêles et incomplètes qui se gêneraient mutuellement, on satisfait non seulement à tous les besoins prévus, mais à bien d'autres négligés ou non entrevus.

Enfin, nous avons cherché à montrer que l'espèce de discrédit où est, en France, l'usage de l'eau sous pression, si on en juge par la rareté des applications et le manque de documentation qui prouve le peu d'intérêt qu'il soulève, doit tenir à l'hésitation où l'on a été jusqu'à présent d'aborder des pressions assez fortes et de gros diamètres. En Allemagne et en Angleterre, il n'en est pas tout à fait ainsi, et on a tout au moins de fortes pressions de 300 et même de 500 *atm.*

Avec un conducteur hydraulique, on organise en des points voulus de l'énergie de position dont on peut puiser peu ou beaucoup quand on veut; avec un conducteur électrique, on ne peut transporter que de l'énergie dynamique exigeant un régime régulier de consommation.

Dans le cas du conducteur hydraulique, si la topographie des localités permet d'avoir, soit directement, en partant d'un réservoir, soit même indirectement en intercalant un transformateur hydraulique, la pression adoptée pour le transport, on dispose de l'accumulateur d'énergie le plus complet et le plus sûr qui se puisse désirer.

DESCRIPTION DES TRAVAUX

PAR

M. L. BRAVET

Préliminaires.

Vue Générale sur Lyon

Le travail qui précède donne les grandes lignes d'un programme qui peut s'appliquer dans beaucoup de villes pour développer l'industrie et le bien-être, pour améliorer la salubrité urbaine et contribuer ainsi au maintien de la santé publique.

Ce programme peut recevoir une application remarquable dans la ville de Lyon.

Lyon s'étend le long du Rhône et de la Saône, sur 5 *km* de longueur. A gauche du fleuve, le pays est tout à fait plat ; à droite, se rencontre une haute falaise limitant le plateau des Dombes (cote moyenne 285). Contre la Saône, les collines abruptes de Fourvière paralysent toute extension.

L'étiage du Rhône au pont Lafayette, centre de la ville, est à la cote 162-48. Voici quelques données statistiques des derniers recensements :

Surface de la commune de Lyon . . .	4 400 *ha.*
Longueur des voies publiques. . . .	261 000 *m.*
Longueur des égouts	151 000 —
Population (recensement 1896)	466 767 hab.
Nombre de maisons.	17 695
Nombre de ménages.	143 201

La banlieue industrielle est exclusivement sur la rive gauche, elle comporte une centaine de mille habitants.

Égouts. — Le réseau d'égouts est loin d'être au complet; il y a trois ouvrages principaux, parallèles au Rhône, dans la presqu'île entre Rhône et Saône, et deux sur la rive droite. Des galeries de petite dimension se raccordent avec ces ouvrages à angle droit.

Le collecteur débouche dans le Rhône en aval de la ville, mais il y a plusieurs débouchés de galeries en pleine ville. Les égouts ne reçoivent que tout à fait exceptionnellement les matières de vidanges. Il n'y a à Lyon que des fosses fixes.

Trois Sociétés de vidanges existent; elles ont adopté le système inodore (pompes à vapeur et tonneaux). Les tonneaux sont conduits dans les champs ou dans des dépotoirs intermédiaires maçonnés, où viennent puiser les agriculteurs. L'une des Sociétés dite l'*Union Mutuelle des Propriétaires*, a établi deux de ses dépotoirs fort loin de la ville: l'un à Heyrieux, à 22 *km*, l'autre à Pont-de-Chéruy, à 26 *km*. Les matières y sont refoulées par une usine centrale urbaine.

Eau potable et de voirie. — L'alimentation d'une ville en eau potable et en eau de voirie se fait au moyen de deux canalisations, lorsque l'on ne dispose que d'un volume relativement faible d'eau potable.

Lorsque, on contraire, on peut avoir un volume considérable d'eau de source ou bien filtrée, il y a tout intérêt à ne faire qu'une seule canalisation et à ne distribuer qu'une seule qualité; si l'eau de voirie est, en effet, pure et fraîche, la santé publique et le bien-être général n'auront qu'à y gagner.

Ce système de la canalisation unique est appliqué, notamment, à Lyon, à Marseille, à Grenoble; il est général dans les petites villes; il s'impose toutes les fois qu'il est possible, même au prix de quelques sacrifices d'argent.

Les quantités d'eau à distribuer par jour et par habitant sont allées sans cesse en croissant; elles augmenteront encore au fur et à mesure du développement de l'hygiène et de l'applicalion du système du tout à l'égout. Actuellement, il faut compter sur 400 *l* par jour et par habitant, pour l'ensemble de l'eau potable et de l'eau de voirie; certaines villes en ont bien davantage, Grenoble, par exemple, qui dispose de plus de 1 000 *l* par jour et par habitant. (Saint-Chamond dispose de 500 *l*, Marseille et Carcassonne de 400.)

A Lyon, la distribution actuelle n'est que de 50 000 m^3 par jour, pour tous les services, pour une population dépassant 500 000 habitants.

On exécute, en ce moment, un projet municipal dit « Petit projet » qui donnera encore 50 000 m^3, cette eau étant, comme pour la distribution actuelle, puisée dans les plages de graviers le long du Rhône, en amont de Lyon, et son élévation se faisant au moyen de machines à vapeur. La dépense prévue est d'un peu moins de 5 000 000 *f*.

Les 100 000 m^3 dont disposera Lyon sont insuffisants, de l'aveu

de toutes les municipalités qui se sont succédées à l'Hôtel de Ville. C'est ainsi, par exemple, que le programme arrêté par le Conseil municipal en 1886 comportait une fourniture de 350 000 m^3.

Cette quantité fut jugée trop faible par quelques-uns, trop considérable par le plus grand nombre. L'accord s'est fait depuis sur 200 000 *m* (1), mais à la condition que les projets ne soient pas trop étroitement conçus et que ce nombre puisse être augmenté facilement.

Éclairage électrique. — L'éclairage électrique n'existe pour ainsi dire pas à Lyon :

La Compagnie du Gaz éclaire les deux théâtres et a canalisé les deux rues principales de la ville, mais elle vend 0,14 *f* l'hectowatt-heure. Aussi plusieurs îlots représentant ensemble 8 000 lampes, se sont constitués et fonctionnent, soit à la vapeur, soit avec moteurs à gaz. Mais c'est à titre privé et cet éclairage revient très cher.

Le monopole de la Compagnie du Gaz expire en 1903, et la Compagnie fait des propositions à la ville pour obtenir une prolongation de privilège contre un abaissement de tarif, et contre la liberté complète de l'éclairage électrique. Si le traité aboutit, un vaste champ s'ouvrira incessamment pour les électriciens; s'il n'aboutit pas, il faudra attendre 1903 (2); et, à ce moment, la ville pourrait avoir, par l'aménagement des eaux de l'Ain et de ses affluents, toute la force nécessaire au fonctionnement des nombreuses installations d'éclairage électrique qui ne manqueront pas de se produire.

Force motrice industrielle. — La statistique du service des mines indiquerait l'existence de 13 000 *ch* en service continu dans Lyon

(1) M. Domenget, ancien Ingénieur en chef de la ville de Lyon, répartit ainsi l'eau dont on aurait besoin :

1° *Services publics.*		2° *Services particuliers.*	
Lavage et arrosage des rues.	35 000 m^3	Eaux industrielles	0 000 m^3
Lavage des égouts.	20 000	Eaux à la jauge.	29 000
Latrines et urinoirs.	16 000	Eau au robinet libre.	30 000
Fontaines monumentales . .	13 000		59 000
Édifices communaux	10 000		
Parc de la Tête-d'Or.	6 000		
	100 000		

Total général 159 000, soit une distribution de 200 000 m^3 par jour.

(2) Par suite d'une récente entente entre la Ville et la Compagnie, la liberté absolue de l'éclairage électrique existe désormais dans Lyon. Il y a eu, en échange, prorogation du monopole du gaz, avec fixation à 0,16 *f*, au lieu de 0,20 *f*, du prix du gaz industriel.

et sa banlieue. Aucun travail sérieux n'a été fait pour préciser ce nombre, et surtout pour en déduire le nombre de chevaux-heure qui se consomment.

Il y a une Société d'air comprimé qui distribue 450 *ch*, et est en voie de doublement ; il y a de très nombreux moteurs à gaz, mais les trois quarts de la force industrielle sont produits par de la vapeur.

La Société des forces motrices du Rhône, munie d'une concession d'Etat, s'est fondée en 1894, pour distribuer de l'énergie dans les petits ateliers; elle dispose de 11,85 *m* de chute et de 100 m^3 par seconde; ses turbines sont à 7 *km* du centre de Lyon. Elle a prévu un transport électrique souterrain à 3 500 volts par courant triphasé. — Quel sera le rendement exact de sa ligne, de ses transformateurs et des réceptrices?

Il est assez difficile de se prononcer; nous ne croyons pas, pour nous, qu'il soit bien supérieur à 50 0/0 de la force mesurée sur l'arbre des dynamos génératrices.

Les travaux sont fort beaux; ils seront terminés cette année. Avec 50 0/0 de rendement, ce serait 6 000 *ch* que cette installation pourrait fournir dans Lyon; il n'est pas douteux qu'ils ne trouvent un placement rapide.

Si nous résumons ces considérations générales, nous pouvons dire :

Le tout à l'égout est en entier à installer à Lyon.

La quantité d'eau potable et de voirie, même après les compléments actuellement en cours, n'est que la moitié de ce qu'elle devrait être.

L'éclairage électrique est en entier à organiser.

Par suite de circonstances locales, il suffit de beaucoup de force motrice pour remédier à cet état de choses. Or, par suite aussi de circonstances topographiques spéciales à la ville et à la région avoisinante, on peut, avec facilité et simplicité, réaliser toute la force nécessaire.

C'est l'objet de ce mémoire de le faire voir.

Nous avons tenu, d'autre part, à cette occasion, à venir après tant d'autres préconiser la solution de l'évacuation des vidanges par une canalisation spéciale, sans communication avec l'atmosphère.

Enfin, nous avons également saisi cette occasion pour appeler l'attention des Ingénieurs sur les avantages que présentent les transports d'énergie par voie d'eau sous pression, si l'on ne craint pas d'aborder à la fois de fortes pressions et de gros diamètres.

Première Partie

I. — Le tout à l'égout.

Cette expression, mise à la mode par les ingénieurs de la ville de Paris, signifie les vidanges à l'égout. Ce système, appliqué tout d'abord en Angleterre, a pour corollaire l'absorption par épandage ou par tout autre moyen, de tout ce que charrient les égouts, solide et liquide.

Un autre corollaire, et très important celui-là, est la rapide circulation dans les égouts, la suppression des culs-de-sac, les amoncellements de matière boueuse, etc., problème à peu près sans solution sûre pour une grande ville à égouts anciennement construits, c'est-à-dire à sections et à pentes mal réglées.

D'autre part, la recherche de l'utilisation agricole complète des eaux usées, conduit à des règles telles que les énormes masses de liquide, déversées par les égouts des grandes villes, ne sont pas pratiquement épandables dans le sens utile du mot.

Du reste, l'expérience a prononcé, et c'est pour cela que nous proposons pour Lyon l'évacuation des vidanges par une canalisation spéciale permettant d'épandre, et assurant, en même temps que l'hygiène de l'habitation, l'assainissement de l'égout et celui de l'atmosphère.

Berlin épand à raison de 13 000 m^3 par hectare et par an (1) ; la Société des Agriculteurs de France préconise 8 000 m^3 seulement ; nous nous en tenons à ce dernier chiffre.

Le contingent de matières à évacuer par tête d'habitant est très diversement compté, entre 20 et 30 *l* par jour. Nous comptons 30 *l*, eaux de toilette comprises ce qui conduit à l'établissement d'une canalisation suffisante pour de très longues années. Pour Lyon, cela fait de 13 à 15 000 m^3 à évacuer.

Le parfait fonctionnement des refoulements de l'*Union Mutuelle* indique la voie à suivre pour cette évacuation ; en de telles questions, il est plus sage d'appliquer que d'innover ; nous ne croyons par suite pas nécessaire d'entrer dans des détails. Notre programme n'est que l'affectation au cas particulier de Lyon, des travaux exécutés à Berlin, à Amsterdam et à Lyon même.

La force motrice nécessaire aux refoulements serait de 6 à 700 *ch* ; quant aux terrains d'épandage, ils s'indiquent d'eux-

(1) Voir le récent rapport de M. E. Badois à la Société des Agriculteurs de France (10 avril 1897).

mêmes : c'est l'immense plaine du Dauphiné, 200 km^2, dans une région où l'usage des produits des fosses existe depuis des siècles.

Sans entrer dans des détails qui n'auraient pas leur place ici, disons que la canalisation dans Lyon s'élèverait à environ 300 *km*.

Il y aurait un grand intérêt à lier ces travaux à ceux de l'achèvement du réseau des égouts ; la plus grande partie des tuyaux de vidanges devant être placée dans ces derniers. Un devis complet indique que le coût de ce double système d'égout et de tuyaux s'élèverait à 12 millions.

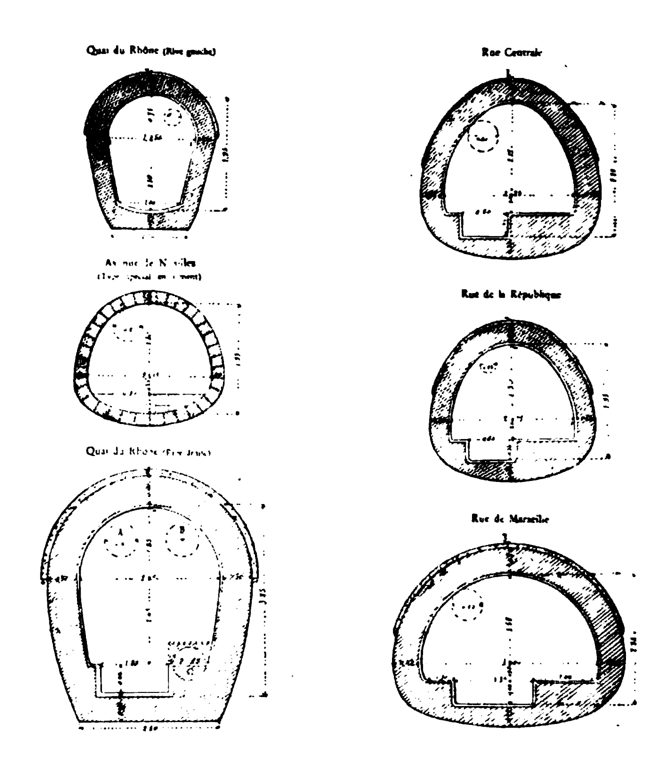


Fig. 1. — Section des types d'égouts existant à Lyon, avec indication de l'emplacement de la tuyauterie des vidanges qu'ils pourraient recevoir.

La figure 1 indique les égouts actuels de Lyon et l'importance de l'encombrement de la tuyauterie spéciale des vidanges qu'ils laisseraient passer.

L'irrigation sur de grands espaces et à petites doses, rendue absolument pratique par les facilités de refoulement, ferait certainement doubler le prix des terrains irrigués ; à Berlin, le prix du fermage de certains terrains a passé de 88 *f* à 282,10 *f*; on a

vu des fermiers faire produire 308 *f* l'hectare contre 164.45 *f* de dépenses.

M. Ronna cite le remarquable exemple suivant de plus-value résultant d'irrigations d'eaux d'égout : à Los Angelès (Californie), les terrains non irrigués comportent par hectare un loyer de 26 *f* par an, ceux irrigués à l'eau de source : 156 *f* par an, ceux irrigués à l'eau d'égout : 260 *f*.

D'après M. Ronna, qu'on trouve toujours sur la brèche quand il s'agit de lutter pour la vérité et le respect de l'expérience, le système du tout à l'égout unitaire est en passe d'être abandonné partout.

Il n'y a pas lieu d'en être surpris; nous renvoyons à cet égard à l'importante discussion qui a eu lieu dans notre Société en 1893, à la suite de communications de M. Duvillard et de M. Badois.

II. — L'eau potable et l'eau de voirie.

En 1853, la ville céda pour 99 ans la fourniture de l'eau à une Société qui confia ses travaux à M. Aristide Dumont, l'ingénieur bien connu; on fit des puits de filtration dans le Rhône et on installa des machines à vapeur de puisage et de refoulement; de 20,000 m^3 par jour au début, la distribution passa peu à peu à 45,000, chiffre actuel. Des travaux complémentaires, également basés sur des puits filtrants et des machines à vapeur, auront bientôt doublé ce chiffre; le problème est de le porter à 200,000 m^3.

Les puits fourniraient bien ces 200,000 m^3, la preuve en a été faite, et les hygiénistes agréent l'eau; seulement, le coût de l'exploitation à l'aide de machines à vapeur ne justifierait pas le travail. Il faudrait en effet baisser les tarifs de vente de 50 0/0 en moyenne. L'eau est fournie actuellement aux robinets libres et aux robinets de jauge, et revient dans les petits ménages à plus de 100 *f* le mètre cube annuel. Lyon est la ville de France qui, après Laon, paie l'eau le plus cher.

Le prix le plus bas que permettent les combinaisons de tarif est de 60 *f* le mètre cube annuel. Il n'est pas besoin de dire qu'en été, l'eau ne dépasse pas le second étage des maisons. Dans la pensée d'améliorer cette situation, la ville a racheté la concession en 1888, mais, faute de trouver un nouveau concessionnaire ou un projet suffisamment avantageux, elle ne peut payer l'indemnité de rachat, et l'ancienne Compagnie exploite toujours comme fermière.

La question des eaux de Lyon avait été mise au concours une première fois en 1836, une seconde fois en 1881. Vingt projets sérieux furent examinés; mais le Conseil municipal, en 1887, a rejeté toutes les solutions comme inacceptables.

Dans notre conviction pourtant, plusieurs de ces solutions auraient pu être rendues acceptables; *a fortiori* en est-il ainsi aujourd'hui, par suite du développement de l'assainissement et des taxations qui peuvent en sortir. Une distribution de 200,000 m^3 exigerait 2,000 *ch* continus de 24 heures, et un complément de canalisations dont le coût serait de 8 millions.

Par suite de ces circonstances, nous proposons pour Lyon de continuer à prendre l'eau dans les terrains filtrants du Rhône, de rester dans le système d'une canalisation unique et de remplacer les moteurs à vapeur de puisage et de refoulement par des moteurs hydrauliques.

III. — Éclairage électrique.

Quel que soit le système employé, l'éclairage général d'une étendue aussi grande que celle de Lyon soulève une question préalable d'une importance primordiale, celle de la force nécessaire; mais si l'on peut disposer d'une force très économique et excessivement importante, la question se modifie aussitôt et se pose ainsi : Comment assurer un bon marché suffisant pour permettre l'usage des lampes électriques dans les plus pauvres ménages? Comment organiser la distribution du courant au nombre énorme de lampes qui résultera d'un bas prix de vente?

Nous répondons : il faut multiplier les points de production et employer le courant continu à faible voltage, ce qui oblige à disposer dans la ville, non pas d'électricité venant de loin, mais de force pour en produire.

Avec des tarifs suffisamment bas, il n'y a pas de limite au développement de l'usage des lampes électriques, et si l'on admet 150 000 lampes pour les 600 000 habitants de l'agglomération lyonnaise, il faut prévoir le besoin d'une force de 15 000 *ch* pendant les quelques heures du maximum de l'éclairage.

En rapprochant les nombres des trois paragraphes qui précèdent, on voit qu'il s'agit de faire face à un besoin de 17 à 18,000 *ch* en pleine ville, mais que, sauf pour 2 ou 3 000, le travail de ces chevaux est d'un petit nombre d'heures chaque jour.

DEUXIÈME PARTIE

Création de la force motrice.

I

Nous proposons, pour résoudre le problème :

1° La création d'un lac à 115 *m* au-dessus du Rhône, sur le bord de la falaise dont nous avons parlé plus haut, et qui limite le plateau des Dombes ;

2° L'alimentation régulière et continue de ce lac à l'aide d'un aqueduc maçonné lui portant 10 m^3 d'eau prise dans la Bienne, l'Ain et la Valouze, dans la région où se réunissent ces trois rivières ;

3° L'établissement d'une tuyauterie forcée partant du lac et aboutissant aux usines de refoulement du service de l'eau filtrée ;

4° L'établissement d'une seconde tuyauterie forcée partant également du lac, mais aboutissant à une usine de transformateurs donnant de l'eau à 63 *atm* ;

5° L'établissement d'une tuyauterie forcée, allant des transformateurs jusqu'aux portes de la ville et s'épanouissant dans la ville ;

6° L'installation sur cette tuyauterie d'eau alimentant toutes les petites stations d'électricité que l'on voudrait établir.

Disons de suite, à cet égard, que nous croyons fermement l'envoi d'eau sous pression préférable à l'envoi d'un courant électrique, mais qu'il n'y a rien d'exclusif dans cette opinion ; on pourrait évidemment installer des dynamos au lieu de transformateurs et envoyer des courants à haut voltage qu'on transformerait dans les stations à l'arrivée.

Nous prouverons plus loin que l'ensemble des travaux serait dans ce cas plus coûteux que dans l'autre. D'autre part, l'installation ne pourrait être utilisée que pour l'éclairage, tandis que notre installation apporte dans la ville de l'énergie potentielle transformable et consommable de toutes sortes de façons, suivant les exigences du moment et du travail à faire.

II

Les trois rivières : Bienne, Ain, Valouze, sont à 80 *km* de Lyon environ. Elles coulent dans la région de leur jonction à la cote 304; leur débit moyen d'ensemble atteint 180 m^3 par seconde, mais il est excessivement irrégulier, comme on peut en juger par la figure 2 qui représente les diagrammes des débits journaliers

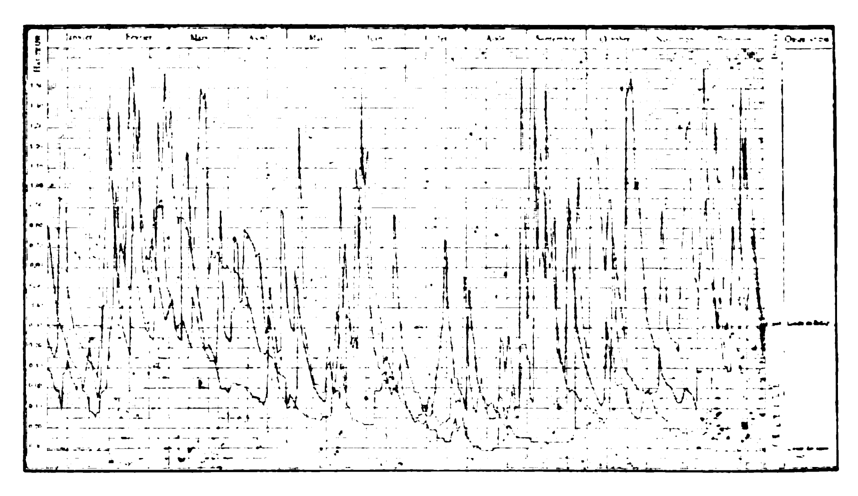


Fig. 2. — Diagrammes des débits des trois rivières Bienne, Ain, Valouze, en 1881, 1884 et 1893, années d'exceptionnelles sécheresses.

pendant les trois années d'extrême sécheresse 1881, 1884 et 1893.

Mais, en même temps que le mal, ce diagramme indique le remède; il se trouve dans la fréquence des crues, autrement dit dans la petitesse des intervalles qui les séparent, il suffit d'organiser, en amont de la prise d'eau, des barrages-réservoirs suffisants. A cet égard, nous nous contenterons de dire que peu de régions se prêtent mieux à l'établissement de réserves d'eau (*fig. 3*).

Grâce à ces réserves, on ne prendrait de l'eau dans l'Ain ou ses affluents que lorsque leur débit d'ensemble serait supérieur à 20 m^3; dès qu'il atteindrait ce chiffre les réserves alimenteraient la dérivation, et elles seraient en outre assez puissantes pour soutenir l'étiage de l'Ain au-dessus de 10 m^3.

Notre collègue, M. Duvillard, le savant auteur du projet d'adduction de 24 m^3 d'eau du Léman à Paris, a trouvé dans le Jura des retenues de plus de cent millions de mètres cubes qui n'exi-

geraient que 3 ou 4 millions de dépenses. L'État, il y a quarante ans, faisait des recherches dans le même sens ; il avait pour but le retardement des crues de l'Ain au confluent avec le Rhône (1).

Nos exigences étant plus modestes, nous avons pu choisir des emplacements de barrages excessivement avantageux. Au-dessus

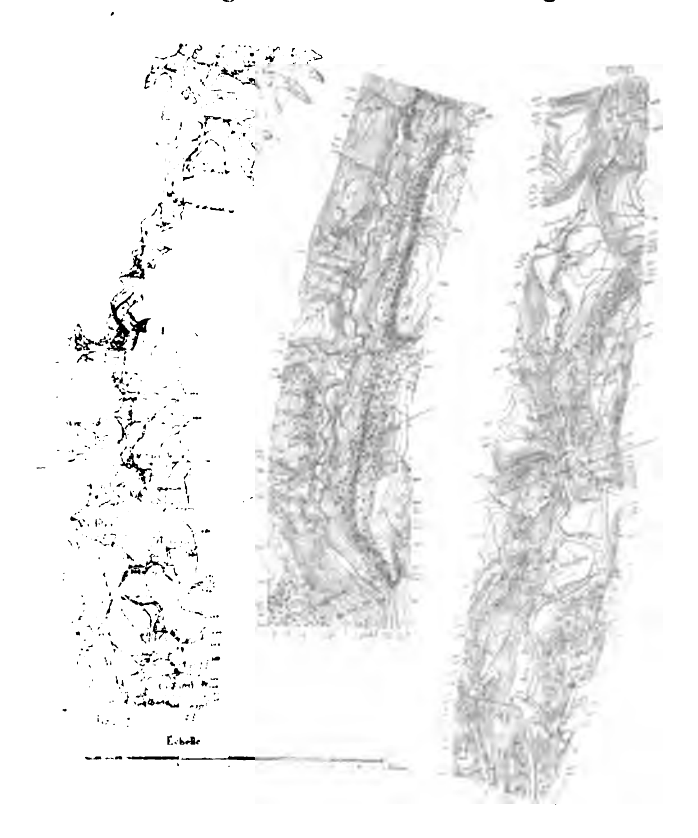


Fig. 3. — Régions avantageuses pour l'établissement de barrages-réservoirs.

de Saint-Claude, sur la Bienne, un seul barrage de 39 *m* donnerait 50 millions de mètres cubes de retenue.

La vallée inondée est inculte et déserte. Pour le cas où l'on ne voudrait pas faire un barrage d'une telle hauteur, pourtant très normale, on trouverait sur la Valouze une position excep-

(1) Signalons en passant le grand avantage qu'il y aurait pour arriver à une solution des canaux dérivés du Rhône toujours d'actualité, à reprendre méthodiquement l'étude du relèvement de l'étiage de ce fleuve.

M. Duvillard a bien voulu nous faire voir une étude touchant à un seul affluent de la rive gauche qui indiquait la possibilité de conserver 200 millions de mètres cubes d'eau

tionnellement commode aussi. La prise d'eau s'effectuerait sur la Valouze qui recevrait une dérivation alimentaire venant de l'Ain, — cette dernière s'amorçant à la cote 304 à niveau, c'est-à-dire sans barrage, de façon à éviter toute contestation de l'Administration, l'Ain étant à cet endroit classé flottable.

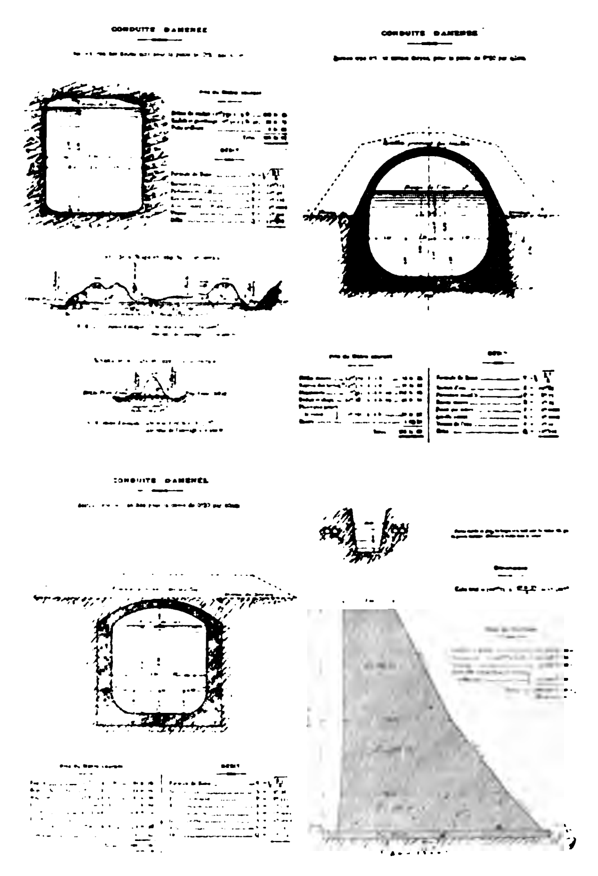


Fig. 4. — Profils divers de l'aqueduc de la Dombes. Barrage-réservoir sur la Bienne.

L'aqueduc maçonné *(fig. 4)* que nous avons étudié ne présente rien de particulier : pente moyenne 0,20 *m* par kilomètre, vitesse moyenne 1,10 *m*, plein débit 13 m^3, prix du mètre courant 160 à 200 *f* pour les parties maçonnées, et 300 *f* pour les souterrains (section rectangulaire 3,00 × 3,50).

Tracé. — Le tracé ne présente aucun accident ; on ne rencontre ni siphon, ni aqueduc, pas même de pont *(fig. 5)*.

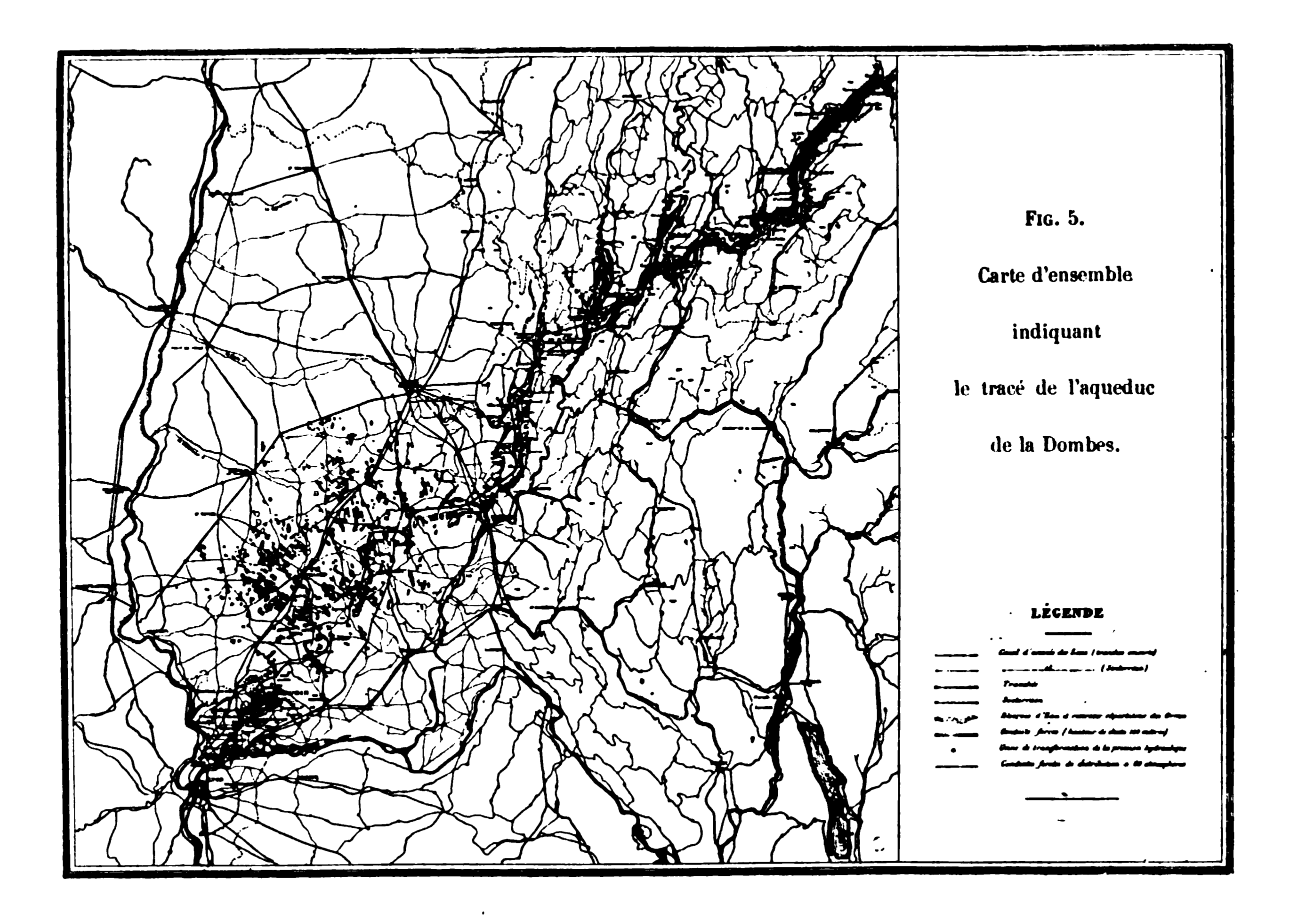


Fig. 5. Carte d'ensemble indiquant le tracé de l'aqueduc de la Dombes.

Il y a quelques souterrains ; nous les avons intentionnellement recherchés; dans tous des attaques aussi nombreuses que l'on voudra sont possibles. L'unique roche rencontrée est le calcaire. La longueur développée du tracé est de 86,500 *km.*

Réservoir répartiteur et accumulateur. — L'aqueduc débouche dans un lac artificiellement créé dans un pli de terrain à l'aide d'une digue en terre ; en un lieu dit *Les Ormes,* près du village de Rillieux. La partie noyée, isolée par la digue, était un marais au siècle dernier ; le fond est donc étanche *(fig. 6).*

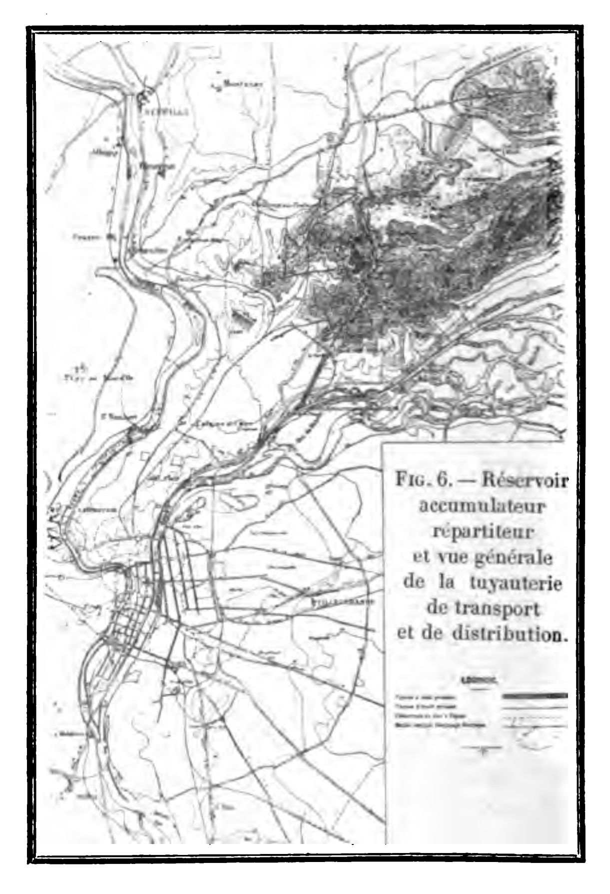


Fig. 6. — Réservoir accumulateur répartiteur et vue générale de la tuyauterie de transport et de distribution.

Les facilités naturelles que rencontre l'établissement de ce lac sont l'un des avantages les plus précieux du projet, et, d'autre part, l'existence d'un tel lac est l'un des côtés qui mérite le plus l'attention de nos Collègues. L'étendue totale inondée est de 450 *ha.*

Le plan supérieur de l'eau étant à la cote 283, le vannage de l'émissaire serait réglé de façon à permettre un abaissement de 3 *m*, répondant à un volume d'eau de 13 millions de mètres cubes. Ce volume ferait face, pendant plus de 20 jours, à un écoulement continu de 7 à 8 m^3 qui assurerait à peu près tous les besoins de Lyon prévus plus haut. Il n'est pas besoin d'insister sur le caractère de sécurité que cette circonstance donne à tout le projet.

On pourra, d'après cela, assurer avec les plus grandes faciliter le bon entretien des barrages et de l'aqueduc. Ce dernier, étant établi avec une section susceptible de laisser passer à certains moments plus d'eau que le débit moyen correspondant à la consommation normale, permettrait de faire face à des accroissements importants de cette consommation, grâce à la fréquence des crues passant à la prise d'eau ; en sorte que, sans avoir besoin de réserves excessives d'eau et en ne prenant, pendant les périodes de basses eaux, qu'un minimum déterminé autorisé, on pourrait s'engager à fournir à une consommation plus importante que celle qui absorberait ce minimum.

Au point de vue journalier, notre lac prend le nom de *réservoir répartiteur et accumulateur;* il conserve toute l'eau qu'on ne consomme pas et distribue toute celle qui arrive suivant les inégalités et les exigences de la consommation. Or, ce ne sont pas là de vains mots, notre amenée constante étant en effet de 10 m^3 par seconde, nous verrons tout à l'heure que nous aurons à prendre au lac, par moments, près de 26 m^3 par seconde et, avec le développement de l'éclairage électrique au-dessus de 150 000 lampes jusqu'à 200 000 par exemple, ce serait 30 m^3 qu'il faudrait lui demander.

Émissaire. — Un canal à large section, prévu pour débiter 30 m^3, reporte le plan d'eau du lac jusqu'au bord de la falaise qui termine le plateau ; il a 3 *km* de longueur et aboutit au vannage de la tuyauterie descendant vers le Rhône à 115 *m* plus bas.

Pour l'établissement de cette tuyauterie, nous nous sommes guidés sur les exemples suivants : à Chedde (Haute-Savoie), on utilise 140 *m* de chute de l'Arve avec 2 tuyaux de 1,40 *m* de diamètre chacun ; à Saint-Michel-de-Maurienne, la Valoirette est reçue dans un tuyau de 1,45 *m* qui donne une chute de 130 *m*. A La Praz, sur l'Arc, un tuyau de 2 *m* de diamètre est en cours d'installation sur une chute de 95 *m*. Les ateliers Joya et la Société

Bouchayer et Viallet, à Grenoble, ont également construit beaucoup de conduites de ces mêmes diamètres, pour des pressions autour de 150 *m*. Nous nous sommes arrêtés, par suite, au diamètre de 1,50 *m*, mais avec la conviction qu'un projet définitif fixera 2 *m*.

A partir d'un diamètre de 0,70 *m*, on peut river ces tuyaux sur place au lieu de les réunir par des joints. On ménage alors des trous d'homme, de distance en distance, tous les 50 *m* par exemple. Les longueurs de 6 *m* rivées mécaniquement à l'atelier sont apportées sur le chantier et sont rivées à la main; la demi-circonférence supérieure est rivée en dehors, la demi-circonférence inférieure est rivée par l'ouvrier qui est à l'intérieur.

Les tuyaux sont posés à l'air libre, et les effets dus à la dilatation sont peu sensibles. Quand le tuyau est plein d'eau, les mouvements se traduisent par des déplacements latéraux dans les courbes. Même quand les parties droites sont longues et que le diamètre est grand, il n'y a pas intérêt à mettre de joints de dilatation. MM. Corbin et Cie, à l'usine de Chedde, en ont fait l'expérience.

A Lancey, des tuyaux de 0,40 *m* à 0,50 *m* de diamètre et jusqu'à 3 *km* de longueur, n'ont aucun joint de dilatation; à Chapareillan, le tuyau a 0,35 *m* de diamètre et 3 450 *m* de longueur, sans joint de dilatation. Les déplacements dans les courbes, quand ce tuyau est vide, ont atteint 20 *cm* entre la nuit et le plein midi; ils sont insensibles quand il est plein.

Spécification de la tuyauterie à 115 m *de pression.*

Diamètre	1,500 *m*
Section	1,760 *m*
Épaisseur moyenne	0,007 *m*
Perte de charge par mètre	0,003 *m*
Débit par seconde	3 350 *l*
Poids du mètre courant, joints compris	300 *kg*
Prix du mètre courant (45 *f* les 100 en place)	135 *f*

Pour aller jusqu'à l'usine des transformateurs et y conduire 26 m^3 d'eau *(voir plus loin)*, il faudrait 8 tuyaux ainsi définis: la longueur de chacun d'eux est de 2 000 *m*, et son coût de 270 000 *f*.

L'un de ces tuyaux, au lieu de s'arrêter aux transformateurs, irait jusqu'à l'usine de Saint-Clair, comme il a été dit plus haut;

il serait ainsi pendant 3 *km* de parcours sous la pression de 115 *m*, et coûterait, pour cette portion, 150 *f* le mètre courant, soit 450 000 *f* pour les 3 *km*.

Transformateurs hydrauliques. — Avec la chute de 115 *m* dont on dispose, un mètre cube d'eau donne 1 150 *ch* sur des moteurs d'un rendement de 75 0/0 ; comme l'a exposé M. Bergès, le transport de cette force cause un déchet voisin de 47 0/0 ; par suite, pour avoir dans la ville 17 à 18 000 *ch*, il faut qu'il y en ait sur les transformateurs, 27 à 28 000 exigeant 26 m^3 d'eau environ.

Si l'on voulait supprimer les transformateurs et conserver la pression de 115 *m* en poursuivant les tuyaux jusque dans la ville, il faudrait traîner avec soi ce même volume de 26 m^3 d'eau, toute une rivière, plus que la Seine à Paris dans l'été de 1894. Il est préférable de partir avec une pression élevée et de diminuer le plus possible le volume d'eau à faire circuler. Rien n'est plus facile.

Des appareils que nous appelons transformateurs hydrauliques qu'on appelle aussi pompes à pistons différentiels, pompes automotrices ou même accumulo-pompes, donnent une solution complète, sûre et d'un rendement élevé.

La maison Biétrix et Cie, de Saint-Étienne, construit des appareils de ce genre pour des transformations donnant jusqu'à 300 *atm*. Il y en a en Allemagne qui vont jusqu'à 500 *atm*. Dans ce cas, la masse liquide qui circule est assez petite, dans les installations courantes, pour qu'on ait pu songer à faire choix d'un liquide spécial tel que l'huile, avec retour au point de départ. Ces résultats sont, à tous égards, des plus remarquables et il est à regretter que les transmissions de force dans ces conditions soient dédaignées en France.

Dans le cas qui nous occupe, nous ne demanderions aux transformateurs qu'une tension d'eau de 630 *m* et, dans nos calculs, nous n'avons compté que sur un rendement de 78 0/0 au lieu de 85 à 90 qu'on peut considérer comme démontré.

Il y aurait 21 transformateurs recevant à chaque coup de piston 1,333 m^3 chacun.

Tuyauterie à haute pression. — L'eau sous pression est un moyen de transport et surtout de distribution de l'énergie, qui a reçu de nombreuses applications, mais principalement pour de faibles puissances.

Ses avantages deviennent considérables si l'on ne craint pas d'aborder de grands diamètres de tuyaux, ce que permettent, dans de larges limites, les progrès de la fabrication des tôles de fer et d'acier. Il ne faut pas oublier, en effet, que la perte de charge dans une conduite dépend du débit et de la nature des parois, mais est en raison inverse de la cinquième puissance du diamètre ; elle est indépendante de la pression, ce qui est encore en faveur de l'emploi des pressions élevées.

Il existe des distributions d'eau sous pression plus importantes qu'on ne le croirait au premier abord. Nous pouvons citer, d'après le *Bulletin* de la Société d'encouragement de 1895, les villes suivantes :

Petits diamètres.

Villes	Origine	Longueur	Diamètre	Force en chevaux	Pression
—	—	—	—	—	—
		km			atm
Hull	1877	4	0,15	250	50
Londres.	1884	122	0,18	3 400	53
Liverpool.	1888	29	0,15	800	56
Melbourne	1889	29	0,15	800	50
Birmingham.	1891	5,6	0,15	52	50
Sydney.	1891	19	0,15	688	53
Manchester	1894	19	0,15	800	80
Glasgow	1895	14,5	0,18	600	80

Grands diamètres.

Anvers	1894	7,2	0,30	1 000	53
Chapareillan (Isère) . .	—	3,450	0,30 et 0,35	1 200	60
Lancey (Isère).	1885	4,000	0,40 et 0,45	3 500	50

Les tuyaux des usines de M. A. Bergès père, à Lancey, sont particulièrement à citer, parce qu'ils sont ceux du plus gros diamètre actuellement posés, et parce qu'ils n'ont donné lieu depuis douze ans à aucune réparation et à aucun accident. Les changements de direction brusques sont obtenus par des coudes en acier coulé ; on n'a pris contre les coups de bélier aucune précaution spéciale en dehors d'une robinetterie à pas de vis très lent.

Dans la plupart des applications, on comprime l'eau par la vapeur. C'est l'unique cause des mauvais résultats financiers de quelques-unes.

Dans le département de l'Isère, la pression est obtenue par la simple gravité. Cela constitue une condition exceptionnellement favorable, mais dont on peut se rapprocher à l'aide des transformateurs hydrauliques dont nous venons de parler, et en s'arrangeant pour que la force primaire dont on transporte une part, soit gratuitement surabondante.

L'élément de transport est, dans notre projet, un tuyau mesurant 0,480 *m* à l'intérieur des petites viroles.

Spécification de la tuyauterie à 630 m *de pression.*

Diamètre	0,480 *m*
Section.	0,1809
Épaisseur.	0,017
Poids du mètre courant.	245 *kg*
Prix à pied d'œuvre (40 *f* les 100 *kg*) .	98 *f*
Perte de charge par mètre à plein débit.	0,00863
Perte de charge sur 7 *km*	60 *m*
Débit de régime.	307 *l*
Puissance en chevaux (pression restant après 7 *km* et rendement de 75 0/0 au récepteur)	1 750 *ch*

En juxtaposant des tuyaux ainsi établis en assez grand nombre, on transportera, au fur et à mesure des besoins, toute la force qu'on voudra. Dans notre cas, pour 17 à 18 000 *ch*, il faudrait dix tuyaux. Groupés en faisceau jusqu'à l'entrée de la ville, ils exigeraient une sorte de galerie de 12 m^2 de section.

En ville, ils s'étendraient le long des quatre rives du Rhône et de la Saône, et ne présenteraient plus aucune espèce d'encombrement.

Le développement total pour atteindre les diverses stations centrales d'éclairage électrique, étant compté à 60 *km*, vaudrait 6 millions; la pose serait au moins de 2 millions; on réaliserait ainsi pour 9 millions, en tenant compte des imprévus, l'éparpillement dans toute la superficie de la ville de 17 à 18 000 *ch;* ou plus exactement, nous le répétons, on créerait par là une énergie potentielle de cette équivalence.

Or, à la façon dont le problème du travail se pose pour les

grandes villes, c'est là ce qu'il convient de mettre à leur disposition.

Nous avons tenté une petite enquête pour établir le coût d'une transmission électrique de même puissance, en supposant qu'au lieu de transformateurs, la tuyauterie à petite pression actionnât des dynamos. Tout d'abord, aucune maison n'a pu nous garantir l'usage d'un voltage supérieur à 3 500 volts, étant donnée l'obligation de canaliser souterrainement ; en second lieu, on nous a signalé l'obligation probable de transformateurs spéciaux pour la transmission de force motrice. Sur ce point notre expérience personnelle déjà longue nous donne une impression analogue.

Prix du transport de 1 500 ch à une distance de 6 km, en courant triphasé à 3 500 volts, câbles souterrains :

1 génératrice de 1 260 kilowatts	100 000 f
1 excitatrice	5 000
1 tableau et canalisations de la station	4 000
Emballage, transport, montage	10 000
2 câbles à 3 conducteurs de 100 *mm* chacun, ensemble 12 *km* de câble à 60 *f* le mètre	720 000
Transport	15 000
Tranchée et pose, 6 *km* à 4 fr. le mètre	24 000
Transformateurs pour 1 400 kilowatts à 0,60 *f*. .	84 000
Emballage, transport, montage	8 000
	970 000 f

Pour 18 000 *ch*, ce serait une dépense de 11 millions, et on n'aurait, comme nous l'avons déjà dit, qu'une énergie dynamique n'ayant un bon rendement que pour l'éclairage exclusivement. Le transport hydraulique peut donc soutenir la comparaison. L'encombrement serait supérieur, à coup sûr ; mais, comme le faisceau des tubes d'eau n'est à considérer que hors ville, dans la campagne, il ne faut pas s'exagérer son importance.

Résumé.

La récapitulation des divers chapitres ou paragraphes qui précèdent est intéressante, et peut s'établir comme suit :

Ouvrages	Coût
—	—
Un ou plusieurs barrages-réservoirs retenant 50 000 000 m^3 d'eau, — une prise d'eau à niveau à la cote 304, sur les rivières Bienne, Ain, Valouze, — un aqueduc de 86,500 *km* de longueur. . . .	21 000 000 *f*
Réservoir répartiteur accumulateur et son émissaire	2 000 000
Tuyauterie à 115 *m* de pression.	3 000 000
Élévation de pression et tuyauterie de transport.	9 000 000
Cout total.	35 000 000 *f*

L'aqueduc est fait pour 13 m^3 à plein débit. L'importance de la prise d'eau est de 10 m^3 par seconde. La superficie du lac-réservoir est de 450 *ha*. La nappe d'eau disponible dans le réservoir a 3 *m* de hauteur, soit un volume de 13 000 000 m^3. L'émissaire est prévu pour débiter 30 m^3.

La chute fournissant la force primaire a 115 *m* de hauteur; elle est utilisée à l'aide d'une tuyauterie de 2 *km* de longueur, ayant un rendement de 93 0/0. Des transformateurs hydrauliques donnent de l'eau à 630 *m* de pression, avec un rendement de 78 0/0.

Des conduites forcées, de 0,480 *m* de diamètre, amènent l'eau comprimée sur un parcours moyen de 7 *km* avec un rendement de 90 0/0.

Sauf que la transformation de pression est obtenue à l'aide d'une force primaire qui est en quelque sorte surabondante, le projet n'est autre que l'application de celui de MM. Van Rysselberghe et Moris pour Anvers

Les très remarquables installations qu'on peut visiter dans cette ville prouvent que les canalisations et les moteurs ont répondu à toutes les espérances. Malheureusement, la compression de l'eau était là obligatoirement demandée à des machines à vapeur; elle coûtait fort cher, et présentait une réelle anomalie pour ce qui concernait l'éclairage électrique, puisque l'usine centrale était en pleine ville.

Pour Lyon, tous les inconvénients spéciaux à Anvers disparaissant, il ne reste que les avantages du système. Or, pour bien d'autres villes que Lyon, en France et dans le monde entier, les conditions topographiques peuvent permettre un dispositif d'en-

semble tel que celui que nous venons de décrire. Il y aurait là un moyen de mettre en valeur les richesses naturelles actuellement inexploitées; mais nous tenons à le dire, le transport terminal que nous croyons avantageux ici sous forme hydraulique, parce qu'il n'y a que 7 *km* à franchir, n'est nullement une condition *sine quâ non* de l'harmonie de l'ensemble, surtout si les transformateurs électriques tournants devenaient pratiques, ce que nous espérons voir quelque jour.

Troisième Partie

Recettes et Dépenses.

Il nous reste à montrer, le plus sommairement possible, que, malgré l'importance des dépenses, tous ces travaux trouveraient une rémunération.

Leur budget de recettes comprendrait trois articles : l'eau pure, le tout à l'égout, l'éclairage. Considérons d'abord les deux premiers articles.

L'eau pure pour.	3 500 000 *f*
Le tout à l'égout et l'exploitation des vidanges . .	1 500 000
C'est un total de.	5 000 000 *f*

Les dépenses, d'après ce qui précède, seraient :

Aqueduc et réservoir.	23 000 000 *f*
Tuyauterie pour le service de l'eau (270 000 + 450 000 + 8 000 000) chiffre rond	9 000 000
Organisation du tout à l'égout.	12 000 000
Total	44 000 000 *f*

Pour de tels services municipaux, le capital ne représenterait pas une charge de plus de 4 0/0, soit pour 44 millions : 1 760 000 *f*

L'exploitation coûterait au plus	560 000
D'où un total de charges de.	2 320 000 *f*

La différence en faveur de la ville serait de 2 680 000 *f*, et elle ne pourrait aller qu'en augmentant, au fur et à mesure des amortissements, par suite du caractère hydraulique des installations.

Revenons maintenant à l'éclairage électrique. L'aqueduc a toute la portée nécessaire et est payé en entier par les services

municipaux; il n'y a donc qu'à transporter la force et à établir le réseau des lampes. Pour le transport, nous l'avons chiffré ci-dessus à 9 millions; un réseau de 150 000 lampes, avec notre système de petites stations centrales, coûterait 11 millions; soit 12 millions avec les intérêts intercalaires pendant la construction, en tout 21 millions. Cette somme à 4,5 0/0 exigerait un service d'intérêt et d'amortissement de 945 000 *f*.

L'exploitation peut être comptée 455 000 *f*. De sorte que le budget s'établit comme suit :

Recettes 150 000 lampes à 20 *f*.		3 000 000 *f*
Charges *(a)* intérêts et amortissement.	945 000 *f*	
(b) exploitation	455 000	
Total. . . .	———	1 400 000 *f*
Différence		1 600 000 *f*

En ajoutant cette différence à celle trouvée ci-dessus de 2 680 000 *f*, c'est un total de 4 280 000 *f* qui justifie du caractère pratique du programme.

Nous le répétons en terminant, bien des villes en France et dans toute l'Europe seraient à même d'en étudier d'analogues.

Note I.

Tuyauterie à haute pression, question des coups de bélier.

Les tuyaux à haute pression donnant naissance à de nombreuses prises d'eau munies de robinets à vis, il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, que l'appel d'un grand volume d'eau ou qu'une fermeture totale se fassent instantanément.

Ces deux éventualités seraient à redouter, la première pouvant provoquer une baisse importante dans la pression, la seconde pouvant donner lieu à des coups de bélier.

Pour parer à ces inconvénients, nous pouvons compter :

1° Sur le fait que les prises sont nombreuses et seront munies de robinets à vis donnant une manœuvre relativement lente.

2° Sur l'élasticité du métal qui permet des variations de volume intérieur qui sont loin d'être négligeables et qui permet d'emmagasiner de la force vive ou de restituer du travail.

3° Sur la disposition qui consiste à mettre à l'extrémité de chaque conduite un robinet brise-pression, c'est-à-dire un robi-

net pouvant débiter un certain volume d'eau dont la pression est progressivement diminuée par des chicanes en tôle placées dans un cylindre fixé à la suite du robinet. Ce dispositif n'est pas nouveau et a pour but d'assurer un écoulement permanent dans le tuyau. Il pourrait évidemment être remplacé par une turbine qui marcherait jour et nuit. Le mouvement de l'eau dans le tuyau étant ainsi toujours assuré par un débit qui peut même être très faible, les transformateurs hydrauliques seront toujours en mouvement, et les variations de débit feront varier leur vitesse ou le nombre d'unités en marche, mais ne pourront pas avoir pour effet de faire passer brusquement les machines hydrauliques du repos à la marche, ce qui pourrait présenter des inconvénients pour le maintien de la pression.

Accumulateurs hydrauliques à air comprimé.

Nous ne mettrons pas, sur les conduites, de réservoir d'air parce que l'air serait rapidement dissous, mais nous placerons, au départ, des accumulateurs hydrauliques. Signalons à ce sujet, au lieu de l'accumulateur hydraulique ordinaire, chargé de poids et offrant une grande masse, un accumulateur signalé par M. Leproux (Société d'Encouragement, décembre 1896) comme étant employé dans les mines de Pluto et Gottesagen ; il offre une masse très faible et est chargé par de l'air comprimé, mais à une pression beaucoup plus basse que la pression de l'eau, grâce à la dimension donnée aux deux pistons de ces accumulateurs. La consommation d'air est insignifiante, les fuites étant pour ainsi dire nulles, grâce à l'interposition d'une couche d'huile entre le piston et la paroi. Ces accumulateurs, dit M. Leproux, ont un fonctionnement très satisfaisant, et les coups de bélier sont rigoureusement évités grâce à leur emploi.

Note II.

Turbines sous haute chute (ou grande pression).

L'eau sous une pression de 50 à 60 *atm*, et même davantage, peut s'employer parfaitement, comme force motrice, au moyen de turbines à libre déviation.

Le rendement atteint 75 0/0; la marche est d'une régularité extrême. La grande vitesse de rotation est seule, pour certaines applications, un inconvénient, mais elle permet aussi d'actionner directement les outils à marche rapide, les dynamos par exemple.

Dans le département de l'Isère, à Lancey, chez M. Bergès père,

à Chapareillan, dans la station électrique, on emploie la turbine Girard, à libre déviation et admission intérieure.

A la Bâthie (Savoie), deux turbines fonctionnent avec admission extérieure, sous 450 *m* de chute, soit 45 *atm*.

En Amérique, plusieurs applications existent avec la roue Pelton qui n'est qu'une turbine à admission extérieure.

La turbine Van Rysselberghe est pourvue d'une admission latérale, c'est-à-dire que l'eau circule parallèlement à l'axe au lieu de perpendiculairement. On voit donc que toutes les dispositions sont possibles.

De même, ces turbines peuvent avoir l'axe vertical ou incliné ; le plus souvent on emploie, pour ces hautes chutes, l'axe horizontal, mais le faible volume d'eau mis en action, pour une puissance donnée, rend très faciles toutes les dispositions mécaniques.

Note III.

Régulateurs pour turbines à haute chute.

M. Van Rysselberghe avait étudié un régulateur de vitesse des turbines fonctionnant d'après les variations de pression de l'eau dans les conduites. La mort de M. V. Rysselberghe a mis fin à ses essais, et à Anvers les turbines des dynamos fonctionnent sans régulateurs : un homme conduit des groupes de quatre turbines et dynamos et fait le réglage à la main.

Nous connaissons des régulateurs qui fonctionnent bien pour les hautes chutes, et cela sur le principe du régulateur à boules, et non de la variation de la pression. Le régulateur à boules agit, soit en admettant de l'eau sur un piston, comme dans le régulateur et Faesch Piccard, de Genève, soit en embrayant des encliquetages comme dans les régulateurs construits par les maiscns de Grenoble.

L'ajutage se fait de forme rectangulaire et la partie supérieure du rectangle est mobile sous l'action du régulateur. Cette disposition, indiquée par V. Rysselberghe, est appliquée d'une manière générale et donne d'excellents résultats.

Les régulateurs pour turbines s'appliquent facilement aux hautes chutes. Ils sont au contraire d'un fonctionnement beaucoup trop lent dans les basses chutes où ils ont à agir sur de grandes masses d'eau ; ils ont alors tendance à agir trop tard et ensuite trop longtemps, ce qui explique, avec la question de dépense, qu'ils soient peu employés dans les basses chutes.

LES
CHAUDIÈRES MARINES

PAR

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT

ERRATA

au Bulletin d'Avril 1897.

Page 438, depuis la 17e ligne jusqu'à la 25e. — Remplacer tout l'alinéa par :

Ensuite, la résolution du problème pratique comporte la connaissance de faits précis sur lesquels on n'est pas encore suffisamment renseigné et qui dépendent, non seulement des conditions de service, mais encore de l'habileté et des soins du personnel : le rendement aux essais et en service courant ; l'usure par unité de temps écoulé ou de travail effectué; la fréquence ou la rareté des avaries et des réparations. L'acquisition de l'expérience est donc très longue, très difficile et très coûteuse.

Page 446, 15e ligne. — Supprimer : *de plus.*

Page 446, avant-dernière ligne. — Au lieu de : *de plus intéressant,* lire : *d'aussi intéressant.*

Page 451, dernière ligne, et 452, première ligne. — Lire : *automatique.*

Page 500, 10e ligne. — Lire : *par mètre carré de grille.*

Page 521, 10e ligne. — Supprimer *(fig. 24).*

Page 525, 5e ligne. — Ajouter : *(fig. 24).*

Page 527, 19e ligne. — Au lieu de : *de la constante,* lire : *du facteur.*

Page 527, 29e ligne. — (Équation) lire : $\frac{1}{2} m (V_1^2 - V_0^2)$.

Page 527, 34e ligne. — Mettre : point-virgule après : *simplicité.*

Page 527e, 35e ligne. — Supprimer la virgule après : *évidemment.*

Page 528, 2e ligne (à partir du bas). Lire : *le mouvement alternatif.*

Page 529, 10e ligne. — Supprimer : *et en supposant que le volume de la portion* EK *de tube soit inférieur à celui de la portion* AB.

Page 529, 7e ligne (à partir du bas). — Ajouter *s* à *conductrice.*

Page 530, 8e ligne. — Au lieu de : *ayant le poids spécifique,* lire : *ayant un poids spécifique.*

Page 530, 11e ligne. — Lire : *différence de poids de la masse et du volume du liquide déplacé.*

Page 531, 8e ligne. — Lire : $H + n\Delta$.

Page 531, 12e ligne. — Lire : $H + n\Delta + h\Delta - h\delta$.

Page 532, 3e ligne. — Au lieu de : *vont,* lire : *va.*

Page 532, 8e ligne (à partir du bas). — Au lieu de $T < t$, lire : $T > t$.

Page 533, 8e ligne. — Lire : $H\Omega dn$.

Page 533, 14e ligne. — Lire : égal à $H\omega K\alpha\ (T - t)$.

Page 535, 12e ligne. — Au lieu de :

$$(k - k_0)(S - s) + (h - h_0) S - (h - h_0) S = (h_0 - h)s;$$

lire :

$$(k - k_0)(S - s) + (h - h_0) S - (h - h_0) s = (h_0 - h)s.$$

Page 535. — Remplacer les *figures 31* et *31 bis* par celles ci-dessous.

Fig. 31

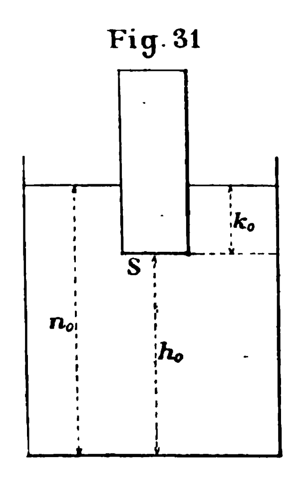
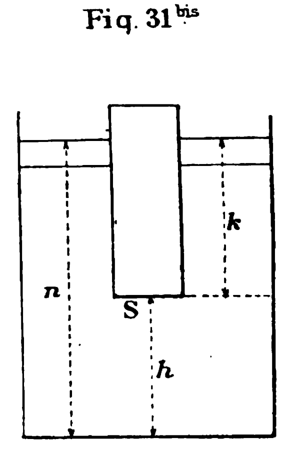


Fig. 31 bis



Page 536, 13e ligne. — Après : *soit* H *la pression extérieure,* lire : *soit* δ *le poids spécifique du liquide.*

Page 536, 14[e] ligne. — Remplacer toute la démonstration à partir de : *si l'on enfonce l'éprouvette*, jusqu'à la fin de la page par :

Enfonçons l'éprouvette : n_0, h_0, k_0 *prennent les valeurs* n, h, k *et la pression de la masse gazeuse enfermée devient* x.

Le travail élémentaire dû à la poussée pendant un déplacement infiniment petit dh *de l'éprouvette, est égal, abstraction faite du volume de l'éprouvette, au poids du volume du liquide déplacé multiplié par le déplacement élémentaire du niveau du liquide dans l'éprouvette, c'est-à-dire* d (h — k).

C'est : $\omega \, . \, ac \, . \, \delta \, d(h - k).$

Or : $ac = k - (h - n);$

Le travail élémentaire est donc :

$$\omega\delta\,(k - h + n)\, d(h - k),$$

et le travail total a pour expression :

$$\omega\delta \int (k - h + n)\, d(h - k),$$

Mais $kx = k_0H$, *en admettant que les gaz suivent la loi de Mariotte, et* $H + n = x + h - k$;

d'où : $x = H + n + k - h$ *et* $k(H + n + k - h) = k_0H.$

De plus $(\Omega - \omega)\, n + \omega(h - k) = \Omega n_0,$

puisque le volume du liquide ne change pas.

L'on a ainsi deux relations qui permettent d'évaluer $k - h + n$ *en fonction de* k *et de trouver pour* d(h — k) *une expression de la forme* $\frac{dk}{k^2}$, *de sorte que l'intégrale précédente se ramène à la forme* $\int \frac{k_0 - k}{k^3}\, dk$ *que l'on peut calculer.*

Page 539, 3[e] ligne. — Au lieu de : *surface,* lire : *section.*

Page 539, 7[e] ligne (à partir du bas). — Au lieu de : *augmente,* lire : *diminue.*

Page 541, 3[e] ligne. — Au lieu de : *sont,* lire : *ont de forts diamètres.*

Page 543, 6[e] ligne. — Remplacer le point-virgule par une virgule.

Page 543, 18[e] ligne. — Au lieu de *m*, lire : M.

Page 543, 18[e] ligne. — Lire : centre *de* gravité.

Page 543, 1[re] et 2[e] lignes (à partir du bas). — Lire : *atteint le niveau initial* NN'.

Page 543, 13e ligne (à partir du bas). — Au lieu de *m*, lire : M.

Page 544, 4e ligne (à partir du bas). — Au lieu de $\mathrm{T}rf_1$, lire : $\mathrm{T}rf'_1$.

Page 544, 4e et 5e lignes (à partir du bas). — Supprimer : *alors que tout le système passe par sa position d'équilibre.*

Page 544, 12e et 14e lignes (à partir du bas). — Au lieu de x et $(h_s + e)$, lire : x et h_s.

Page 545, 5e ligne. — Au lieu de : *à ce terme une certaine addition*, lire : *à cette expression un certain terme.*

Page 545, 6e ligne. — Au lieu de : *avec un coefficient* K *compris*, lire : *le coefficient* K *étant compris.*

Page 547, 7e ligne (à partir du bas). — Au lieu de : *que*, lire : *où.*

Page 550, 12e ligne. — Rectifier comme suit l'équation [2] :

$$h_s\left[\Delta_t - (n_c\Delta_{\mathrm{T}} + n_c\delta_{\mathrm{T}})\right] = \mathrm{F}_{\mathrm{M}}.$$

Page 551, 18e ligne. — Après : *flexible*, ajouter : *et de même poids spécifique* Δ_{T} *que le liquide ambiant.*

Page 552, 1re et 2e lignes. — Lire : *variation de l'énergie potentielle.*

Page 552, 3e ligne. — Lire : *c'est-à-dire que le travail*, etc.

Page 557, 1re ligne. — Lire : *clapets de retenue.*

Page 561, 13e ligne. — Au lieu de : *infériorité*, lire : *supériorité.*

Page 564, 13e ligne (à partir du bas). — Au lieu de $(n_2 - n_1)$, lire : $(n_2 - n_1)\theta_2$.

Page 564, dernière ligne. — Au lieu de : *porterait*, lire : *portant.*

Page 565, 3e ligne. — Supprimer : *il.*

LES
CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE
A L'EXPOSITION DE BRUXELLES-TERVUEREN
En 1897

PAR

M. A. LAVEZZARI

Me trouvant en Belgique au moment de l'ouverture de l'Exposition universelle de Bruxelles-Tervueren, j'avais formé le projet d'en présenter à la Société une courte description pour en faire connaître, dès les premiers jours, les principaux éléments, et aussi pour servir de guide aux nombreux Collègues qui iront, cet été, la visiter.

Malheureusement, les travaux étaient si peu avancés qu'il m'a été impossible de donner suite à mon projet.

Cependant, j'avais déjà recueilli quelques renseignements sur ce que seraient un jour certaines expositions, principalement auprès de M. Blanquaert, l'éminent Ingénieur en chef, Directeur de la Traction et du Matériel des chemins de fer de l'État belge, qui a bien voulu me communiquer pour notre Société un grand nombre de documents à ce sujet. Ces documents m'ont paru assez intéressants pour faire l'objet d'une communication spéciale; on verra, en effet, que les questions les plus à l'ordre du jour s'y trouvent traitées, notamment la traction électrique dans les chemins de fer.

Les chemins de fer de l'État belge n'ont pas, à proprement parler, une exposition très étendue, mais une grande quantité de matériel qui leur est destiné a été exposée par les constructeurs mêmes, à qui la commande en avait été faite en vue de l'exposition et avec l'obligation de l'y faire figurer dans la galerie des machines.

Une seule machine est exposée par la Compagnie. C'est une locomotive express à voyageurs pour ligne de niveau (type 12).

Elle a été construite dans les ateliers centraux de Malines. Elle est exposée sans application de peinture sur aucune des pièces et sans enveloppe, de façon à montrer l'exécution du travail de la chaudière, *qui a été fait uniquement au moyen de machines-outils.*

Le diagramme de cette machine est représenté *Pl. 191, fig. 2;* ses principales dimensions sont rapportées ci-dessous :

Diamètre des cylindres		500 *mm*
Course des pistons[1].		600 *mm*
Diamètre de la chaudière		1,300 *m*
Nombre des tubes.		242
Longueur des tubes.		3,850 *m*
Diamètre extérieur des tubes . . .		45 *mm*
Surface de chauffe	au foyer . . .	12,500 m^2
	dans les tubes.	112,175 m^2
Surface totale.		124,675 m^2
Surface de la grille		4,7071 m^2
Système de la coulisse.		Walschaert.
Poids total en ordre de marche . . .		49 200 *t*
Poids de la locomotive à vide . . .		45 500 *t*
Pression maxima en atmosphères . .		10 *atm*

Deux autres locomotives du même ype, munies de tube en laiton à ailettes, système Serve, sont exposées par les constructeurs; l'une d'elles est pourvue de la distribution à tiroirs cylindriques indépendants, deux pour l'admission et deux pour l'échappement, système Lencauchez, les cylindres comme les distributeurs sont intérieurs ; l'autre machine est munie de la distribution à tiroirs plans indépendants, dont deux pour l'admission et un pour l'échappement, système Hayois. La première est construite par la Société anonyme de la Meuse à Liège, la seconde par la Société anonyme des Forges, Usines et Fonderies de Haine-Saint-Pierre.

Les machines de ce type doivent remorquer une charge de 150 *t*, à la vitesse de 90 *km* à l'heure, sur une rampe de 5 *mm* ayant une longueur de 5 *km*, sans que la pression ni le niveau de l'eau baissent dans la chaudière.

La surface de grille de 4,7071 m^2 a été calculée en se basant sur une consommation moyenne par mètre carré et par heure de 260 à 280 *kg* de charbon demi-gras vaporisant 8 *kg* d'eau.

La Société de Marcinelle et Couillet expose une locomotive express à voyageurs, pour fortes rampes, à six roues couplées de

1,70 *m* (type 16), avec tubes de fumée à ailettes en acier doux, système Serve, pourvue de la distribution Hayois.

La locomotive express à voyageurs (type 6), pour fortes rampes, à six roues couplées, actuellement en service, avait été étudiée pour enlever des charges normales de 110 *t*, à la vitesse moyenne de 60 *km* en rampe de 16 *mm*.

Le trafic toujours croissant de la ligne du Luxembourg a conduit les Chemins de fer de l'État à créer une machine plus puissante, dénommée type 16. Cette nouvelle machine diffère de la précédente par les proportions plus grandes données à la chaudière et au mécanisme, de façon à en accroître la puissance totale de plus de 30 0/0.

La Société de Saint-Léonard a envoyé une locomotive compound avec tubes Serve en laiton *Pl. 191*, *fig. 1*. Cette machine a deux jeux de six roues couplées chacun et à châssis articulé du système Mallet, et peut exercer un effort de traction tangentielle de 13 500 *kg*.

Elle est destinée à la remorque des trains sur les plans inclinés de Liège à Ans. Dans la situation actuelle, les trains de marchandises originaires de la ligne d'Aix-la-Chapelle et se dirigeant vers l'intérieur de la Belgique doivent rompre charge avant de s'engager sur les dits plans inclinés et se reconstituer au sommet des plans. Les machines du nouveau type permettront d'éviter ces manœuvres coûteuses. Voici leurs principales dimensions :

Diamètres des pistons	810 *mm* B. P. 500 *mm* H. P.
Course des pistons	650 *mm*
Diamètre des roues motrices. . . .	1,30 *m*
Pression de la chaudière	15 *atm*
Surface de grille	7 m^2
Surface de chauffe.	260 m^2
Contenance des soutes à eau. . . .	9 000 *l*
Contenance des soutes à charbon. .	3 000 *kg*
Poids à vide	80 000 *kg*
Poids en ordre de marche	98 000 *kg*

Une locomotive à marchandises pour fortes rampes à six roues couplées de 1,30 *m* (type 25) *Pl. 191*, *fig. 4* est exposée par MM. Zimmermann, Haurey et C[ie]. Destinée aux lignes du Luxembourg, elle est établie pour remorquer sur rampe continue de 16 *mm*, à la vitesse de 30 *km* à l'heure, une charge de 230 *t*,

sans chute de pression ni abaissement de niveau dans la chaudière.

Voici les conditions principales d'établissement de cette machine :

Diamètre des cylindres.		500 *mm*
Course des pistons		600 *mm*
Nombre des tubes.		251
Longueur des tubes.		3,510 *m*
Diamètre extérieur des tubes. . . .		45 *mm*
Surface de chauffe	au foyer. . .	11,3310 m^2
	dans les tubes.	109,3550 m^2
Surface totale.		120,686 m^2
Surface de la grille		5,149 m^2
Système de la coulisse.		Walschaert.
Poids total en ordre de marche . . .		43 200 *t*
Poids de la locomotive à vide . . .		39 800 *t*
Pression maxima en atmosphères . .		10 *atm*

La Société de construction de Boussu expose une locomotive-tender légère à 6 roues couplées de 1,20 *m* (type 11), dont les principales données sont reproduites ci-dessous *Pl. 191*, *fig. 8* :

Diamètre des cylindres.		350 *mm*
Course des pistons		500 *mm*
Nombre des tubes.		147
Longueur des tubes.		2,500 *m*
Diamètre extérieur des tubes. . . .		45 *mm*
Surface de chauffe	au foyer . . .	6,763 m^2
	dans les tubes.	46,1767 m^2
Surface totale.		52,939 m^2
Surface de la grille		2,0647 m^2
Poids total en ordre de marche. . .		30 700 *t*
Poids de la locomotive à vide . . .		24 700 *t*
Pression maxima en atmosphères. .		11 *atm*
Système de la coulisse.		Walschaert.

Elle doit faire la remorque des trains légers sur lignes à fortes rampes. C'est ainsi qu'elle remorquera des charges de 110 *t* à la vitesse de 30 *km* à l'heure sur rampes de 16 *mm*.

Enfin, une autre locomotive-tender à 6 roues couplées pour manœuvres de gares est exposée par la Métallurgique.

L'exposition de voitures et wagons, de différentes natures n'est

pas moins complète que celle des locomotives ; elle comprend d'abord un certain nombre de véhicules de types usuels :

Un wagon plat de 15 *t* porté sur deux essieux de la Société des Aciéries de Bruges ; un wagon fermé à quatre portes, construit par la Société de l'Industrie à Louvain ; un fourgon pour train de marchandises de la Société centrale de construction de Haine-Saint-Pierre ; un wagon citerne pour le transport du pétrole, sortant des ateliers de M. Germain ; une voiture mixte de 1re et 2e classe pour trains légers, construite à Braine-le-Comte ; une voiture de 3e classe pour trains légers des ateliers de Seneffe.

La Société de Baume et Marpent expose un wagon-box à bas plancher. Ce type adopté par l'État belge, depuis quelques années, présente ceci de particulier que les parois latérales du box forment des portières pivotant autour d'un axe horizontal ; lorsque ces portières sont rabattues, elles constituent des plans inclinés permettant l'introduction des chevaux *en quelque endroit que le wagon se trouve.*

La Société des ateliers Nicaise et Delcuve a envoyé un wagon-grue à contrepoids automatique. Sous l'action de la charge à soulever, le contrepoids prend, automatiquement, la position voulue pour équilibrer exactement cette charge. Ce système facilite grandement les manœuvres et écarte tout danger de renversement du wagon.

Deux voitures mixtes de 1re et 2e classe à couloir figurent aussi dans les expositions des constructeurs.

L'une, sortant des ateliers de Mme Verhagen, est une voiture de 1re et 2e classe à trois essieux. Les portières latérales, situées en face de chaque compartiment donnent accès dans la voiture et, cependant, ces véhicules possèdent un couloir latéral qui conduit aux water-closets, un pour chaque classe, placés au au centre de la voiture.

Les banquettes de 1re classe sont formées de trois fauteuils. Chaque banquette de 2e classe munie d'accoudoirs aux extrémités et au milieu peut recevoir quatre voyageurs.

La garniture des banquettes et des dossiers est en drap mastic pour les 1res et en drap bleu pour les 2es classes ; les parois et les plafonds sont en bois poli, panneaux en érable et acajou pour les 1res, pitchpin pour les 2es classes.

Cette voiture est chauffée à la vapeur et pourvue du Westinghouse à action rapide.

La seconde voiture a été construite par la Société de Dyle et

Bacalan *Pl. 191, fig. 5 à 9.* C'est une voiture de luxe destinée au service international ; elle est mixte également et comprend des compartiments de 1re et de 2e classe.

Montée sur bogies, elle a son châssis composé de pièces de bois et d'aciers profilés. Cette construction permet d'atteindre de grandes longueurs, tout en conservant le manque de sonorité des châssis tout en bois.

Cette voiture n'a pas de portières latérales ; on y accède par des plates-formes d'about ; ces plates-formes sont complètement fermées et munies de portes permettant d'établir l'intercommunication, au moyen de soufflets, entre les voitures de train. Des couloirs latéraux conduisent des plates-formes aux compartiments. Aux deux extrémités se trouvent des cabinets de toilette avec water-closets.

L'aménagement intérieur est analogue à celui de la voiture précédente, toutefois, la garniture est plus luxueuse et la largeur des places plus grande. Les fauteuils des compartiments de 1re classe peuvent se transformer en lits.

La voiture est pourvue du chauffage à la vapeur, du frein Westinghouse à action rapide, de la conduite du frein à vide et de la double conduite pour le frein Westinghouse-Henri.

L'Administration du chemin de fer de l'État belge a entrepris au commencement de 1895, au moyen d'une voiture qu'elle a appropriée et qui a reçu des moteurs type *Gearless*, une série d'essais de traction électrique sur des lignes à profils très variables qui environnent Liège, et ce à des vitesses différentes.

Dans ces diverses conditions de profils et de vitesses, on a déterminé les résistances que présentait la voiture électrique sur les grandes lignes, ce qui a permis d'arrêter avec certitude le programme des conditions à remplir par les moteurs électriques pour les lignes de chemins de fer.

L'importance de ce programme arrêté avec le soin et la compétence indiscutables des Ingénieurs de cette administration, nous a paru assez grande pour que nous reproduisions tout au long dans une annexe faisant suite à ce mémoire, les conditions qu'il renferme ; il a été envoyé aux principales maisons belges et étrangères en vue de la fourniture de dix moteurs destinés à l'équipement de cinq voitures électriques.

Une seconde série d'essais sera entreprise sur la ligne de Bruxelles à Tervueren, à l'occasion de l'Exposition, au moyen de ces cinq voitures.

Ces essais permettront de comparer des moteurs électriques de différents types établis par les meilleurs constructeurs. J'espère avoir l'occasion d'en entretenir de nouveau la Société des Ingénieurs Civils quand ils seront terminés et je ferai, dans ce but, un nouvel appel à l'inépuisable obligeance de M. Blanquaert.

Par la suite ces essais seront poursuivis sur différentes sections du réseau; on a donc été forcé, pendant la période d'essais, d'adopter des accumulateurs comme source d'énergie électrique, sans préjuger pour cela de celle qui devra être employée dans l'avenir.

Cette seconde phase d'essais permettra aux Ingénieurs d'étudier l'établissement définitif d'un service électrique sur une section déterminée du réseau en utilisant comme source d'énergie électrique celle qui paraîtra le mieux appropriée au profil et aux circonstances locales de la ligne.

L'Administration des Chemins de fer de l'État belge expose également des appareils de sécurité, d'hygiène, ainsi que diverses machines fixes, machines-outils et dynamos, dont je ne ferai que citer les plus remarquables.

Sécurité de travail.

Les appareils de sécurité occupent une place importante, on y voit principalement des modèles d'écrans en treillis métallique pour ajusteurs, et pour dérivetage de certaines grosses pièces; d'écrans en toile à voile pour protéger contre la projection des rivets dans les ateliers de chaudronnerie; d'appareils d'embrayage et de débrayage de diverses machines-outils; d'appareils destinés à la mise en marche des volants des machines fixes et à leur calage pour éviter une mise en marche inopinée; de dispositifs pour la surveillance des transmissions de mouvement et pour donner l'alarme au machiniste d'un point quelconque de l'atelier; de couvre-scies et couvre-meules; de chevalets pour empêcher la chute rapide des pièces levées par cric ou par treuil, etc., etc., et un grand nombre de dessins d'appareils divers.

Hygiène.

Parmi les appareils exposés on remarque un lavabo pour ateliers; un masque du Dr Detourbe, utilisé lors des opérations de broyage des couleurs, pour empêcher l'aspiration des poussières nuisibles; des dessins d'installation de buanderies, ventilateurs et d'appareils pour la fabrication des boissons rafraîchissantes aux ateliers de machines.

Machines a vapeur et dynamos.

Diverses machines à vapeur d'une force de 100 à 250 *ch* avec distribution systèmes Frikart, Walschaert, Lebrun, Hoyois, Carels, etc., figurent dans le groupe spécial des machines fixes.

On y trouve aussi une dynamo compound, système Schukert de 58,2 kilowatts (485 ampères — 120 volts) ; une dynamo compound à 4 pôles de 60 kilowats (500 ampères, 120 volts) ; une dynamo compound, système Dalat, de 600 kilowatts (500 ampères, 120 volts), et une dernière de même force, système Jaspan Milotts.

Outillage.

Un grand nombre de modèles d'outils et de machines-outils fort intéressants complètent cette importante exposition ; je n'en ferai pas ici la nomenclature ; tout y est à voir et à étudier ; l'énumération seule en serait longue et m'entraînerait loin des limites qui me sont assignées. Je signalerai seulement un tour à roues muni de supports spéciaux, construit par les Établissements Fétu-Defise, une machine dite « travailleur universel » de la maison Édouard Mening et un appareil à vis pour lever les locomotives de la Compagnie Centrale de construction à Haine-Saint-Pierre.

En terminant cette trop courte description qu'il me soit permis d'adresser ici mes plus vifs remerciements à M. l'Ingénieur en chef Blanquaert ainsi qu'à ses collaborateurs, auprès de qui les Ingénieurs français sont toujours sûrs de rencontrer un accueil bienveillant et cordial dont j'ai personnellement profité bien des fois.

ANNEXE

Programme des conditions à remplir par les moteurs électriques pour les lignes de chemin de fer.

Conditions spéciales.

Les moteurs à courant continu seront au nombre de deux par voiture, montés sur les essieux intermédiaires et actionnant ceux-ci sans l'intermédiaire d'organes réducteurs de vitesse.

L'enroulement de l'excitation normale sera shunt, mais le

champ magnétique sera renforcé par un enroulement en série avec l'induit. Cet enroulement constituera en partie les résistances de démarrage; il sera entièrement hors circuit lorsque la vitesse aura atteint sa valeur minimum dans chacun des groupements des induits.

Sous la tension de 500 volts, les deux moteurs groupés en série tourneront à 116 tours à la minute, lorsque l'intensité totale du courant atteindra 150 ampères, le champ magnétique étant excité par l'enroulement shunt seulement. Dans ces conditions le rendement industriel ne sera pas moindre de 75 0/0.

L'affaiblissement graduel du champ magnétique, obtenu par les appareils de commande dont il est parlé plus loin, élèvera la vitesse jusqu'à 173 tours par minute, le courant étant encore de 150 ampères et la tension de 500 volts. Le rendement industriel, dans ces conditions, atteindra au moins 80 0/0.

Groupés en parallèle, sous la tension de 500 volts, avec le maximum d'excitation obtenu par le shunt seul, et une intensité totale de 150 ampères, les moteurs tourneront à la vitesse de 231 tours par minute; le rendement industriel ne sera pas moindre de 80 0/0.

Le même affaiblissement du champ magnétique que dans le cas des moteurs groupés en série permettra d'élever la vitesse des moteurs en parallèle, jusqu'à 346 tours à la minute, le courant total et la tension restant respectivement à 150 ampères et à 500 volts. Le rendement industriel correspondant ne sera pas moindre de 82 0/0.

L'enroulement de l'induit sera calculé pour supporter normalement un courant de 150 ampères; ce courant pourra être porté à 250 ampères pendant cinq minutes, sans que l'échauffement devienne dangereux pour la conservation des organes. Le rendement industriel, sous ce régime de 250 ampères, ne devra pas être inférieur de plus de 5 0/0 aux rendements imposés pour l'intensité totale de 150 ampères.

Une tolérance de 10 0/0 est admise pour les vitesses correspondant à l'excitation shunt maximum. La vitesse maximum obtenue par l'affaiblissement du champ magnétique, dans chacun des groupements, devra atteindre au moins une fois et demie la vitesse à pleine excitation shunt dans le même groupement. Aucune autre tolérance n'est admise quant à la vitesse.

Les moteurs seront bien identiques; leur excitation shunt sera obtenue par un seul circuit; leur vitesse étant la même, un écart

de 3 0/0 au plus sera admis entre la différence de potentiel à leurs bornes, lorsqu'ils fonctionnent dans le groupement en série.

Au démarrage, l'excitation compound étant maximum, le couple de chaque moteur sera au moins de 300 *kg* à 1 *m* de l'axe.

Le rendement industriel, c'est-à-dire le rapport de l'énergie utilisable récupérée aux essieux moteurs, à l'énergie totale fournie aux bornes de la batterie, sera mesuré par les méthodes courantes. Il pourra être fait usage d'une méthode indirecte telle que la suivante :

De l'énergie totale on déduira :

1° L'énergie dissipée en chaleur dans les inducteurs et dans les induits ;

2° L'énergie perdue par hystérésis, par courants de Foucault et par le frottement de l'arbre de l'induit.

L'énergie restante sera l'énergie utilisable. La formule à appliquer sera donc :

$$\rho = \frac{E(i_a + i_d)t - i_a^2 r_a t - i_d^2 r_d t - a}{I(i_a + i_d)t},$$

dans laquelle :

ρ est le rendement industriel ;

i_a est le courant traversant les induits ;

i_d est le courant traversant le circuit shunt à inducteurs ;

r_a la résistance du circuit des induits, depuis les connexions aux appareils de commande ;

r_d la résistance du circuit shunt des inducteurs depuis les connexions au même appareil ;

E la différence de potentiel mesurée aux appareils de commande ;

t le temps ;

a l'énergie globalement perdue pendant le temps t par hystérésis, courants de Foucault et frottements.

Les résistances d'induit et d'inducteur seront mesurés immédiatement après le passage pendant 20 minutes, du courant qui doit les traverser normalement. Exception est faite pour le courant de 250 ampères qui ne sera lancé que pendant cinq minutes après le régime prolongé de 150 ampères.

Les pertes par hystérésis, par courants de Foucault et par frottement seront évaluées en bloc par la méthode de Houman. A

cet effet, les inducteurs étant excités au taux voulu, les induits seront soumis successivement à la tension de 500 volts environ et à celle de 250 volts environ.

Les essais seront opérés dans les usines du constructeur par des délégués de l'État; la décision de la Commission de réception quant à la réception provisoire des organes à essayer, interviendra dans les quatre semaines de la réception de la demande d'essais que l'entrepreneur adressera à M. le Président de la Commission de réception.

L'entrepreneur fournira gratuitement le courant, les appareils et la manutention nécessaires aux essais. L'État se réserve cependant le droit d'utiliser ses propres appareils de mesure.

Il est loisible aux soumissionnaires d'adopter l'induit en tambour ou celui en anneau, de fixer à leur convenance le nombre des pôles magnétiques et de disposer les inducteurs en boîte close (waterproof), ou de leur donner une forme qui découvre partiellement l'induit.

Pour la suspension des moteurs, ils s'inspireront de la disposition appliquée à la voiture électrique de l'État belge, mais tout autre système peut être soumis à l'agréation de l'administration. Les seules conditions requises sont que les attaches soient solides, qu'aucune partie des moteurs ou de leurs accessoires ne puisse descendre à moins de 15 *cm* du plan des rails, ni venir en contact avec d'autres pièces de la voiture, en un mot que le fonctionnement des moteurs soit libre et que la sécurité soit garantie.

Pour deux équipements (deux lots), on fera usage d'un arbre creux pour chaque moteur, cet arbre étant enfilé sur l'essieu et relié aux roues par des attaches élastiques. L'arbre creux aura un diamètre intérieur suffisant pour que l'essieu ne soit jamais en contact avec lui.

Les deux autres équipements seront composés de moteurs dont l'induit sera calé directement sur l'essieu. On tolérera cependant l'usage d'intercalaires en matière élastique.

Cabines.

Chacune des deux cabines d'une voiture contiendra :

1° Un interrupteur général bipolaire en avant de l'appareil de commande ;

2° Un ampèremètre bien apériodique inséré dans le circuit total avec la clef de court circuit;

3° Un voltmètre relié aux bornes de la batterie; ce voltmètre, bien que pourvu d'un interrupteur, doit être construit pour rester en circuit;

4° Une clef de court circuit avec attaches pour un ampèremètre Weston, insérée dans chacun des circuits de l'excitation et des induits;

5° Les appareils de commande.

Ces appareils comportent :

a) Un changement de marche à quatre positions, l'une coupant les circuits d'induits, les deux voisines groupant les induits en série pour la marche en avant et pour la marche en arrière, la quatrième, groupant les moteurs en parallèle pour la marche en avant, la cabine étant tournée vers l'avant. Les commutations de cet appareil devant se faire sans courant dans les induits, un enclenchement mécanique conjuguera le changement de marche avec le modérateur, pour réaliser cette condition.

b) Un modérateur dont l'office est complexe. Il doit établir graduellement le courant d'excitation, puis graduellement aussi le courant d'induit par la suppression successive de résistances sans self-induction et des enroulements en série des inducteurs, jusqu'à la mise en connexion directe des induits sur la batterie; enfin, il doit insérer progressivement la résistance dans le circuit d'excitation pour obtenir la vitesse maximum correspondant au groupement des induits réalisé.

La succession des contacts sera donc la suivante :

1° Touche isolée ;

2° Touche fermant le circuit d'excitation sur une résistance d'environ mille ohms; cette touche est suivie d'autres graduant le courant d'excitation jusqu'à sa valeur maximum ;

3° Touche de rupture du circuit d'induit. C'est la véritable touche du repos que doit occuper le contact glissant, pour qu'on puisse manœuvrer le changement de marche. Un arrêt mobile doit empêcher que dans la manœuvre de retour de la manette ou du levier, cette position ne soit dépassée involontairement;

4° Touche fermant le circuit des induits à travers les résistances inertes et les enroulements en série de l'excitation. Cette touche sera assez distante de la précédente; il est recommandé de l'en séparer par un souffleur magnétique ou un appareil en tenant lieu.

Le courant admis à la première touche ne dépassera pas 60 ampères ;

5° Une série de touches soustrayant les résistances inertes ou magnétisantes font suite à la précédente. Le nombre de ces touches et les résistances partielles doivent être calculés de façon que le courant puisse être maintenu entre sa valeur maximum et les 5/6 de cette valeur dans les commutations successives;

6° Une touche de mise en court circuit des induits sur la batterie, le courant de l'excitation shunt étant toujours au maximum ;

7° Une série de touches insérant progressivement des résistances dans le circuit du shunt. Les limites de variation du courant sont les mêmes que pour les touches 5.

Les appareils de commande doivent être très soigneusement isolés comme toutes les autres parties de l'équipement. Leur manœuvre doit se faire, le conducteur regardant en avant, de même l'ampèremètre sera disposé de telle façon que le conducteur puisse l'observer pendant les manœuvres ou la marche sans cesser d'être tourné vers l'avant.

Dans chaque cabine, les appareils de commande seront normalement immobilisés, le changement de marche et le modérateur chacun sur la touche de repos. Une clef unique permettra, par son introduction, de manœuvrer les appareils, et cette clef ne pourra être retirée que lorsque les appareils seront ramenés à leur position de repos.

Le détail des appareils des cabines, tel qu'il est exposé, n'a rien d'absolu. Il est loisible au soumissionnaire de soumettre des modifications à l'Administration, à condition que ces variantes réalisent le but poursuivi.

Cablage.

Le câblage de la voiture fait partie de la fourniture. Il doit être réalisé au moyen de câbles d'un isolement de 500 mégohms au minimum.

Il part des caisses des batteries partielles (tiroirs) d'où les câbles sont dirigés vers un coupleur dont l'installation et la fourniture font partie du marché. Ce coupleur permet la charge des boites en parallèle et la décharge en tension.

De là les câbles de décharge sont envoyés aux cabines.

Le câblage des rhéostats d'induits et d'inducteurs, de même

que ces rhéostats et toutes les autres parties de l'équipement électrique, hormis les accumulateurs, sont compris dans le marché.

Poids des pièces.

Le soumissionnaire devra spécifier dans sa soumission le poids total maximum de toutes les pièces constituant son marché et le poids des moteurs considérés séparément.

Le poids total maximum doit être aussi réduit que possible.

Montage.

Les trains de roues décalés ou non décalés, au gré du fournisseur, seront envoyés franco de port à une station de l'État à désigner par celui-ci, dans les quinze jours de la demande.

Il en sera de même de la voiture dont le fournisseur pourra disposer en Belgique pendant les quatre semaines qui précéderont l'expiration du délai de fourniture. L'Administration pourra autoriser le fournisseur à faire le montage de la voiture dans une dépendance du chemin de fer qu'elle jugera convenir.

L'entrepreneur restera responsable de tout dommage ou de toute dégradation survenue pendant le montage, soit à la voiture, soit aux accumulateurs, soit aux lieux mis à sa disposition.

Le recalage des essieux incombe au fournisseur.

L'Administration pourra l'exécuter gratuitement dans ses ateliers de Malines, de Cuesmes ou de Luttre, en présence et sous la responsabilité du fournisseur. Les frais de port sont à charge de ce dernier.

La voiture appropriée doit être remise franche de port et de tous frais quelconques dans une station du chemin de fer de l'État belge, que le soumissionnaire indiquera dans sa soumission, d'où l'Administration l'expédiera sans frais jusqu'au lieu de réception. L'envoi sera accompagné d'une facture en double expédition, dressée dans la forme prescrite à l'article 9 du cahier général des charges.

(Suivent les conditions de délais de fourniture, réception, paiement; etc.)

PAROLES PRONONCÉES AUX OBSÈQUES

DE

M. E.-C. LEVASSOR

MEMBRE DU COMITÉ

PAR

M. G. DUMONT

VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

Permettez-moi, Messieurs, au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, au nom de ses amis du Comité, de vous retracer en quelques mots la brillante carrière industrielle de notre regretté Collègue, de lui adresser un dernier adieu, et d'exprimer à sa famille toute la part que nous prenons à l'affreux malheur qui vient de la frapper.

Levassor était l'un des plus distingués parmi les Ingénieurs sortis de l'École Centrale. Il était de cette promotion de 1864 qui compte tant de noms justement connus et vénérés de nous tous.

Ayant la passion de la mécanique, il avait été un brillant élève dans cette spécialité. Aussi trouva-t-il, dès sa sortie de l'École, une situation chez John Cocquerill, à Seraing. Il y dirigeait la construction des machines et contribua pour une large part au succès de certaines inventions, parmi lesquelles nous citerons les perforatrices Dubois et François.

Mais la situation qu'il occupait dans ces importantes usines ne pouvait suffire à son infatigable activité. On lui offrit, en 1869, la direction des ateliers Durenne, à Courbevoie, qu'il quitta en 1875 pour entrer comme Ingénieur dans la maison Perrin et C[ie], devenue plus tard Perrin, Panhard et C[ie].

Nous le trouvons, en 1884, associé de ce grand établissement de construction de machines, qui, à la mort de M. Perrin, passe sous la raison sociale Panhard et Levassor.

Sous sa direction éclairée et active, la maison Panhard et Levassor prit une grande extension. En dehors de l'étude des

machines-outils, qui constituaient la spécialité de son industrie, Levassor suivait avec passion tous les progrès de la mécanique en général. C'est ainsi qu'il a été conduit à étudier et à construire des moteurs de petite puissance, à air chaud, à gaz, puis à gazoline et à en faire des applications, d'abord à la navigation, ensuite aux voitures automobiles.

Son nom était déjà universellement connu en 1889, et la croix de la Légion d'honneur venait couronner ses beaux travaux.

Mais c'est surtout dans ces dernières années que le nom de Levassor est devenu populaire parmi tous ceux qui pratiquent l'automobilisme.

Levassor s'en occupait avec une ardeur infatigable. On lui est redevable de progrès considérables et son nom restera inscrit en lettres d'or au premier rang des créateurs de cette industrie essentiellement française.

Ses camarades le suivaient anxieusement par la pensée, dans ces grandes épreuves où, grâce à sa force de volonté et à la supériorité de ses machines, il remportait toujours la victoire.

Nous avons tous présente à l'esprit cette course de Paris-Bordeaux où Levassor, déployant une énergie remarquable, a accompli un véritable tour de force, et cette dernière épreuve de Paris-Marseille où il eut à lutter non seulement contre la fatigue, mais contre les éléments, et où il fit même une chute terrible.

Les fatigues excessives, le travail opiniâtre de ces dernières années, n'ont-il pas contribué à la fin prématurée et si inattendue de notre Collègue !

D'une droiture inflexible, d'un cœur excellent, ce camarade, d'un abord un peu réservé avec les étrangers, ne comptait que des amis.

Tous nos Collègues du Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France, non seulement l'estimaient, mais l'aimaient, comme l'ont estimé et aimé ses confrères de la Chambre syndicale des Mécaniciens dont il était Vice-Président.

Bon, serviable, ne connaissant ni l'envie ni la jalousie, Levassor nous a donné l'exemple d'une vie bien remplie; il laisse à ses camarades, à ses Collègues, à ses amis les regrets les plus profonds.

Puissent ces témoignages de douloureuse sympathie adoucir un peu le chagrin de sa famille !

CHRONIQUE

N° 209

SOMMAIRE. — Monument de Daniel Colladon. — Pyromètre de tuyères. — Laboratoire pour l'essai des locomotives. — Les fondations du nouveau pont, sur l'East-River, à New-York. — L'Association des Ingénieurs allemands. — Emploi de l'électricité pour l'attaque des coffres-forts. — Un sauvetage remarquable.

Monument de Daniel Colladon. — Le mercredi 14 avril dernier a été inauguré, à Genève, le buste de Daniel Colladon, érigé par souscription publique en souvenir de ce savant. La Société des Ingénieurs Civils de France, a tenu à figurer parmi ces souscripteurs en mémoire de l'Ingénieur distingué qui était, à l'époque de sa mort, le doyen de ses membres.

Ce monument, élevé dans le jardin des Bastions, devant la bibliothèque publique, se compose d'un buste placé sur un piédestal monumental. Le buste (1) a été exécuté par M. Hugues Bovy, qui a su faire une œuvre de haut mérite et d'une ressemblance parfaite. Le piédestal, en marbre de Collombey, porte en lettres gravées l'inscription : *1802-1893. Jean Daniel Colladon, Ingénieur, professeur à l'Académie de Genève.* L'ensemble du monument est des plus satisfaisants. La seule critique qu'on pourrait faire, est qu'il est peut être placé un peu trop près du bâtiment de la Bibliothèque.

La cérémonie a eu lieu en présence des représentants de l'État et de la Ville, de nombreux membres de la Société des Arts, des professeurs de l'Université, etc.

M. Des Gouttes, président de la Classe d'industrie de la Société des Arts, a pris le premier la parole et a expliqué pourquoi la cérémonie a été placée sous le patronage de cette Société. Colladon a pris une part très active à ses travaux et tout particulièrement à ceux de la Classe d'industrie : il était donc naturel que l'initiative de lui élever un monument partit de la Classe à laquelle Colladon a laissé les fonds nécessaires pour la fondation d'un prix à délivrer tous les quatre ans. M. Des Gouttes parle de l'organisation des Classes de la Société des Arts et de cette Société elle-même, dont Colladon faisait partie depuis 1844. Il rend hommage aux diverses personnes qui ont collaboré à l'éxécution du monument et termine en rappelant les traits du caractère de l'illustre défunt, sa bonté, la sollicitude qu'il montrait au milieu de ses travaux absorbants pour tous ceux qui travaillaient sous ses ordres, etc.

Après un chant de la Société de Zofingue, M. Lucien de Candolle prend la parole au nom de la Société des Arts, remplaçant son président absent, M. de Saussure. Après avoir rappelé les principaux travaux de Colladon, son intelligence, sa puissance de travail qui ne fut peut-être jamais dépassée, son patriotisme éclairé et dévoué, l'orateur termine en remerciant ceux qui ont voulu rappeler ses traits aux Genevois

(1) Ce buste figurait à l'Exposition de Genève en 1896 et nous l'avons mentionné dans la Chronique de décembre, page 769.

de l'avenir : « C'est au nom de ces donateurs que la Société des Arts, remet aux autorités municipales ce buste de Colladon, rendant un juste hommage à celui qui fut un de ses membres les plus distingués, à l'un des enfants de Genève qui ont le plus de droit au respect de leurs concitoyens. »

M. André Bourdillon, vice-président du Conseil administratif, reçoit le monument au nom de la Ville de Genève. Il rappelle que Colladon fut un patriote sincère et apporta dans ses fonctions de député au Grand Conseil, de conseiller administratif et de conseiller municipal tout son savoir et son dévouement sans se laisser jamais guider par l'esprit de parti. La Ville reçoit le monument avec plaisir et reconnaissance et le conservera avec le respect dû au savant à la mémoire duquel il a été élevé.

M. le professeur Soret, vice-recteur de l'Université, prend la parole au nom de celle-ci. Nous croyons intéressant de reproduire le discours de M. Soret, que nous trouvons dans le *Bulletin de la Classe d'industrie de la Société des Arts :*

« MESSIEURS,

» L'Université a tenu à s'associer à la cérémonie qui vous rassemble et je viens en son nom rendre hommage à la mémoire de Daniel Colladon. Colladon a, par son enseignement, contribué à la réputation de l'ancienne Académie où il était, il y a un demi-siècle, professeur de mécanique appliquée ; jusqu'à sa mort, son nom a figuré parmi ceux de nos professeurs honoraires, qui seront nos maîtres et qui, en toute occasion, ont su rester pour leurs successeurs et leurs jeunes collègues les meilleurs des amis, tout en personnifiant à nos yeux, ce que l'on pourrait appeler l'âge héroïque de la science genevoise.

» Colladon appartenait encore à l'Université par les travaux purement scientifiques que son incroyable puissance de travail lui a permis de poursuivre au milieu des préoccupations de sa carrière industrielle. Il a été, en effet, non seulement un grand Ingénieur, mais aussi un grand physicien. Ce fut même la physique qui l'attira tout d'abord.

» Au printemps de 1824, âgé de vingt-deux ans à peine, au beau milieu de ses examens de droit, il apprend au hasard d'une lecture que la Société des Sciences de Lille met au concours la création d'un instrument pour mesurer l'intensité de la lumière. Cette idée le poursuivit, en quelques jours il invente un photomètre qui réalisait un progrès notable sur les instruments analogues alors existants ; il rédige en toute hâte son mémoire, le recopie en une nuit, au moment de partir avec Pyramus et Alphonse de Candolle, pour assister à Soleure à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles, l'envoie à Lille et obtient le prix consistant en une médaille d'or que, trois mois après, il avait la joie de présenter à ses parents au dîner de famille.

» Après quoi, sans perdre de temps, il s'occupe de créer, avec l'aide de quelques savants généreux, un fonds pour permettre à Sturm d'aller à Paris, compléter ses études ; il y consacre la valeur de son prix et part triomphant pour la grande ville, en emmenant son ami qui devait y faire une si brillante carrière.

» C'était l'époque où les grandes découvertes d'Oerstedt et d'Ampère venaient d'ouvrir à la science de l'électricité, jusqu'alors presque réduite à l'électrostatique, le champ immense de l'étude des courants ; c'était aussi le temps ou Fourrier venait de créer la théorie de la chaleur. Collaborateur de Fourrier, Colladon s'occupa du passage de la chaleur à travers une série de corps et perfectionna le thermomètre de contact.

» Collaborateur d'Ampère, il parvient le premier à constater l'action de la décharge sur le galvanomètre, donnant ainsi une preuve directe de l'identité de nature de la décharge électrique et du courant voltaïque. En même temps, il vérifiait dans quelques cas particuliers et nouveaux, l'action des solénoïdes et des aimants. Mais son travail de physique le plus important est sans contredit le mémoire sur la compressibilité des liquides qu'il commença vers la même époque avec Charles Sturm et qui obtint, en 1827, le grand prix des sciences mathématiques de l'Institut de France. C'est là que, pour la première fois on voit correctement comprise et analysée l'erreur très grave qui provient de la déformation du vase dans lequel le liquide soumis à la compression doit nécessairement être renfermé. Et ce mérite n'est pas diminué par le fait que la théorie de l'élasticité, trop imparfaite à cette époque, a conduit les auteurs à quelques inexactitudes dans l'évaluation de cette erreur, inexactitudes qu'ils ont d'ailleurs corrigées plus tard.

» Ces expériences imposèrent aux deux jeunes savants un travail et des fatigues extraordinaires. « Pendant les deux derniers mois, écrit » Colladon dans son Autobiographie, récemment publiée par les soins » pieux du professeur Pierre Dunant (1), pendant les deux derniers mois. » nous avons veillé constamment une nuit sur deux..., les trois derniers » jours nous ne nous sommes pas couchés une seule heure et nous avons » pu porter le mémoire à M. Carnot, à 5 heures précises. »

» Ce mémoire fut suivi et complété par celui, non moins important et encore plus souvent cité, sur la vitesse de propagation du son dans l'eau du lac de Genève. Ce travail, presque unique dans son genre, fut commencé en 1824 avec Sturm. Colladon le continua en 1826 avec l'aide de quelques amis, parmi lesquels il faut mentionner Alphonse de Candolle et le reprit plus tard en 1841.

» Je ne saurai entrer ici dans le détail des autres publications scientifiques de Colladon. Qu'il me soit permis seulement de rappeler celle de ses inventions qui a le plus contribué peut-être à faire connaitre son nom dans le grand public, la jolie expérience des fontaines lumineuses publiée en 1842 et si souvent répétée depuis lors, et les recherches sur les mouvements tourbillonnaires des liquides et de l'atmosphère qui l'ont préoccupé surtout dans les dernières années de sa vie.

» Daniel Colladon a été, je le disais tout à l'heure, non seulement un grand Ingénieur, mais aussi un grand physicien. Ce n'est pas que les mémoires de physique qu'il a publiés soient exceptionnellement nombreux ou extrêmement volumineux, mais, par une remarquable bonne fortune, presque tous ont attiré l'attention, plusieurs sont devenus classiques.

(1) Voir le compte-rendu de cette autobiographie dans le *Bulletin* de novembre 1893.

» Par suite du développement immense qu'ont pris les sciences exactes, les matériaux qui entrent dans l'enseignement universitaire sont soumis à une sélection impitoyable dont seuls les gens du métier connaissent bien toute la rigueur. Dans nos cours, c'est à peine si nous pouvons citer, en passant, telle question dont la bibliographie seule remplit des pages et des pages et sur laquelle de nombreux chercheurs ont usé leurs forces et leurs talents. Or, il n'est pas de cours ou de traité de physique où le nom de Colladon ne paraisse deux ou trois fois au moins ; cette simple constatation suffit à marquer le rang qu'il a occupé parmi les hommes de science de son temps.

» La raison de son succès est d'abord, cela va sans dire, dans la valeur intrinsèque de ses travaux. A une époque où l'art d'expérimenter n'était pas répandu comme de nos jours, Colladon et son collaborateur Sturm montraient déjà une technique irréprochable, une méthode devant laquelle, après tant d'années écoulées et tant de progrès accomplis, on ne peut que s'incliner.

» Mais, en outre, Colladon joignit à une grande ténacité, à une indomptable énergie dans l'exécution de ses projets, un esprit très ouvert aux choses nouvelles et une vue très nette de l'état de la science. A maintes reprises il a eu le talent de s'attacher aux questions intéressantes à l'heure et au moment où elles étaient intéressantes.

» Cette énergie, cette volonté et cette netteté de vue, tempérées par une extrême bonté, Colladon les a conservées jusqu'à la fin de sa longue carrière. On peut dire qu'il n'a jamais cessé de travailler.

» Puisse le monument que nous consacrons aujourd'hui à la mémoire de ce savant éminent qui fut en même temps un homme de bien, rappeler constamment à nos élèves, nous rappeler constamment à nous-mêmes, les services que Daniel Colladon à rendus à son pays et le grand exemple qu'il nous a donné. »

L'École Centrale ne pouvait être absente en pareille circonstance; M. Hegelbacher, son sous-directeur, délégué par elle, est venu retracer la part que Colladon avait prise à sa fondation et à son premier enseignement.

Le discours de notre Collègue a été donné *in extenso* dans le *Bulletin de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures*, avril 1897.

Pyromètre de tuyères. — Nous avons donné sous ce nom, dans la chronique de mars dernier, page 350, la description, extraite du journal allemand *Stahl und Eisen*, d'un calorimètre destiné à permettre d'apprécier la température du vent aux tuyères des hauts fourneaux et indiqué comme dû à M. S. Braubach, lequel l'a introduit en 1895 aux usines de la Concordia à Bendorf-sur-Rhin où il fonctionne sans interruption depuis cette époque.

Notre ancien Président, M. Jordan, veut bien nous informer que cet appareil n'est pas autre chose que le pyromètre à courant d'eau inventé il y a plus de vingt ans (brevet du 14 juin 1874) par notre Collègue, M. de Saintignon, maître de forges à Longwy-Bas (Meurthe-et-Moselle) et employé depuis quelques années dans plusieurs de nos usines de l'Est.

L'École Centrale possède un de ces appareils qui lui a été donné par l'inventeur en 1885 et M. Jordan le montre aux élèves dans son cours de métallurgie.

Notre savant ancien Président nous a en même temps communiqué une brochure explicative d'où nous extrayons les lignes suivantes qui, pour les personnes qui ont bien voulu lire notre article du *Bulletin* de mars, suffiront à établir l'identité de principe des deux appareils.

« Le pyromètre de M. de Saintignon se compose de deux thermomètres à mercure à longue course, reliés par des conduits de caoutchouc à un tube de cuivre recourbé dit fer à cheval; c'est ce tube qui, plongé dans le foyer, va être exposé à l'action directe de la chaleur.

Un courant d'eau continu, dont le débit est absolument constant, passe dans le fer à cheval; il vient d'un réservoir à niveau constant élevé de 3 m environ au-dessus du pyromètre, passe au travers d'un filtre et le courant réglé par un robinet aboutit sous le premier thermomètre dont il noie le réservoir. Ce thermomètre indiquera la température initiale de l'eau, c'est-à-dire *la température de l'eau au moment où elle va pénétrer dans le foyer.*

L'eau qui vient d'impressionner le premier thermomètre se rend dans le fer à cheval, y pénètre avec une température déterminée, en sort par un tube de caoutchouc qui la ramène au deuxième thermomètre. Ce thermomètre indique la température finale de l'eau, c'est-à-dire *la température de l'eau au moment où elle sort du foyer.*

Le débit du courant d'eau et la longueur du tube de cuivre exposé à l'action de la chaleur sont réglés, ainsi qu'il est indiqué plus loin (dans la brochure) de telle sorte que l'eau s'échauffe de 1 degré pour chaque 25 degrés du four.

L'installation, telle qu'elle vient d'être décrite, est propre à l'étude des températures de l'air chaud dans les hauts fourneaux et en général des foyers dont l'épaisseur de l'enveloppe est peu considérable (enveloppe métallique).

Il est indiqué que lorsqu'on a à étudier les températures de foyers protégés par une enveloppe de maçonnerie épaisse, ou lorsqu'on a besoin d'aller chercher la température en divers points du four, on a recours à la canne exploratrice de MM. Boulier frères.

D'autre part, MM. Boulier frères ont présenté, vers 1883, à la Manufacture de Sèvres, un appareil de leur invention auquel ils donnaient le nom de pyromètre universel et qui a été présenté en 1884 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, par M. Lauth, administrateur de la manufacture de Sèvres. (Voir *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1884, page 38.) Le principe de cet appareil est basé également sur l'observation thermométrique de la température que prend un courant d'eau rapide circulant dans le milieu qui est à observer. Ce pyromètre se compose de trois parties distinctes : l'explorateur, le réservoir, l'interrupteur. C'est le premier, l'explorateur, que M. de Saintignon indique dans sa brochure de 1885, comme pouvant compléter son appareil pour le cas où on a besoin de rechercher la température en divers points.

Nous sommes très reconnaissant à M. Jordan d'avoir bien voulu

nous mettre à même de rétablir la véritable origine de l'appareil dont nous avions parlé et de rendre à notre Collègue, M. de Saintignon, la justice qui lui est due.

Laboratoires pour essais de locomotives. — Nous avons décrit, dans la chronique de décembre 1891, page 734, les installations faites dans le laboratoire de mécanique appliquée de l'Université de Purdue, à Lafayette, Ind. États-Unis, pour l'essai des locomotives et dans celle d'octobre 1892, page 818, nous avons donné les résultats de quelques recherches faites au moyen de cette installation sur une locomotive fournie à cette Université par la fabrique de Schenectady.

Une lettre adressée aux journaux spéciaux des États-Unis par le professeur W. F. M. Goss, annonce que l'Université de Purdue vient de traiter avec les ateliers de Schenectady pour la fourniture d'une nouvelle locomotive destinée à remplacer la précédente et qui sera disposée de manière à permettre d'élucider différentes questions intéressantes.

La première machine, dite Schenectady n° 1, a été commandée aux constructeurs en mai 1891 et sa chaudière travaillait à une pression de de 140 livres, soit 9,20 *kg* par centimètre carré. Cette machine servit à de nombreuses expériences dans le but de rechercher la relation entre la détente et la consommation de vapeur, d'étudier les questions relatives aux contrepoids, etc. Les résultats de ces recherches sont consignés dans divers mémoires entre autres un qui a été présenté à la division B du congrès du génie civil à l'Exposition de Chicago en 1893 et un autre lu devant l'American Society of Mechanical Engineers, en décembre 1894.

Le 23 janvier 1894, le laboratoire de mécanique appliquée de l'Université de Purdue fut détruit par un incendie et la plus grande partie des documents relatifs aux essais et non encore publiés disparurent dans la catastrophe. La locomotive réparée et remise à neuf fut réinstallée dans le nouveau laboratoire au mois de septembre de la même année.

Les résultats obtenus depuis la reprise des travaux ont été donnés dans divers mémoires publiés par le professeur Goss (1); ils portent sur le rendement de la chaudière à divers taux de combustion, sur la puissance maxima réalisée, les relations entre le travail et la vitesse. Nous mentionnerons également des recherches sur l'influence de la longueur des tuyaux raccordant les indicateurs avec les cylindres sur l'exactitude des diagrammes dont nous avons rendu compte dans la chronique de juillet 1896, page 160.

On a calculé que, depuis l'installation de la locomotive dans le laboratoire, sa marche effectuée correspondait à un parcours de 32,000 *km* en six années.

La nouvelle locomotive qui doit remplacer celle-ci sera disposée, comme nous l'avons dit, de manière à permettre l'étude de questions qu'on ne pouvait traiter avec l'ancienne. Ainsi la chaudière pourra fonctionner à une pression maxima de 250 livres, soit 17,5 *kg*; on

(1) La traduction d'une partie de ces mémoires a été donnée par notre Collègue, M. L. Salomon, dans la *Révue générale des Chemins de fer*, de mars 1897.

pourra donc apprécier, dans des limites étendues, l'influence de la pression. Une autre innovation qui n'est pas moins importante est que la machine pourra recevoir des cylindres de différents diamètres soit égaux entre eux soit différents, jusqu'au maximum de 0,760 *m*. On pourra donc faire fonctionner cette machine soit comme machine ordinaire, soit comme machine compound et étudier, dans le premier cas, l'influence des dimensions absolues des cylindres et, dans le second, l'effet des différents rapports de volumes entre les deux cylindres. L'utilité qu'il y a à élucider ces diverses questions n'a pas besoin d'être démontrée. On pourra également rechercher quelle influence le taux de la pression à la chaudière exerce sur la résistance des tiroirs, leur graissage, etc.

Il n'est pas douteux que la facilité relative avec laquelle on opère sur une locomotive placée dans ces conditions ne permette d'obtenir des renseignements du plus haut intérêt sur nombre de points encore obscurs, et les résultats déjà obtenus avec la première installation sont un garant de ce qu'on pourra obtenir avec la nouvelle locomotive qui permettra l'ouverture d'un champ nouveau d'investigations. Celle-ci doit être livrée ces jours-ci et dès qu'elle sera arrivée au laboratoire de Purdue, la Schenectady n° 1 sera rendue aux constructeurs pour finir dans l'obscurité, ou peut-être par la démolition, une carrière brillamment commencée.

Les fondations du nouveau pont sur l'East River, à New-York. — On va commencer les travaux de fondation des piles du nouveau pont sur l'East River, à New-York, pont dont la raison d'être est l'insuffisance reconnue du pont de Brooklyn en présence de l'accroissement continuel de la circulation entre cette ville et New-York.

Cet ouvrage gigantesque est un pont suspendu à trois travées porté sur deux piles. La travée centrale aura 491 *m* et les deux autres 244 chacune. La hauteur libre sous la travée centrale sera de 42,50 *m* au-dessus des hautes mers. La largeur du pont sera de 36 *m* ; il y aura 6 voies de chemins de fer, 2 chaussées de 6 *m* et deux tabliers au-dessus de celles-ci. Le plus haut point des câbles sera à 101,25 *m* au-dessus du niveau de l'eau. Les câbles, au nombre de 4, sont formés chacun de 19 torons comprenant ensemble 5 149 fils d'acier ; le diamètre de ces câbles sera de 0,457 *m*, soit 75 *mm* de plus qu'au port de Brooklyn. Le pont doit coûter 40 millions de francs et les approches des deux côtés 20, total 60 millions.

Les travaux sont en cours d'exécution.

Les caissons pour la fondation de la tour du nord étaient à peu près terminés au commencement de mai et devaient être mis à l'eau dans le courant de ce mois. Ces caissons sont semblables et ont chacun 23,20 × 18,30 *m* et sont disposés transversalement à l'axe du pont avec leur plus grande dimension parallèle à cet axe, ils sont distants de 29,80 *m* de centre en centre.

Ces caissons sont en bois sauf le tranchant et les poutres qui consolident le plafond. Le tranchant est en acier formé de tôles assemblées

par rivets ; il pèse 30 *t*. Les poutres du plafond sont également en tôle et cornières d'acier et pèsent 11 *t* chacune. Le tranchant descend de 0,60 *m* environ au-dessous des parois latérales en bois, ce qui permet de donner plus de hauteur à la chambre de travail qui a ainsi tout près de 2 *m* sous plafond.

Cette chambre est divisée en trois compartiments par de solides cloisons en bois qui servent à consolider les caissons et qui sont percées d'ouvertures de communication. Le plafond repose sur les parois latérales, les cloisons et les poutres dont nous avons parlé. Ce plafond est formé de deux couches de planches de 75 *mm* d'épaisseur et d'une de poutres de 0,305 × 0,305 *m*; les poutres reposent sur cette première parties et portent à leur tour une couche de poutres de 0,305 × 0,360 *m* et deux de planches de 75 *mm* croisées l'une par rapport à l'autre, puis deux rangs de poutres de 0,305 × 0,305 *m*, le tout soigneusement rattaché aux poutres métalliques par des boulons de 25 *mm* de diamètre traversant toute l'épaisseur du bois. Les joints entre les pièces voisines sont calfatés avec du chanvre chassé avec des coins et à coups de maillets. Après le calfatage, la surface est peinte à la céruse pour que les fuites d'air soient rendues apparentes grâce au noir de fumée que contient l'air et qui provient des lampes.

Le plafond est percé de sept ouvertures correspondant à autant de cheminées pour le passage des ouvriers et des matériaux ; une particularité intéressante de la construction de ces cheminées est la suppression des échelles qui obstruent le passage. Les parois sont munies de cavités garnies d'un marchepied en métal pour remplacer les échelles. Les sas à air sont à la partie supérieure des cheminées, il y a quatre robinets d'échappement d'air de 0,10 *m* de diamètre, un tuyau pour l'eau et un autre contenant les fils pour les signaux.

Les caissons ont été chacun construits sur sept voies formées de deux pièces de 0,305 × 0,305 *m* boulonnées ensemble et disposées avec une pente de 1/12 et s'étendant sous l'eau jusqu'à 13,50 *m* du caisson. Celui-ci a employé environ 1 000 m^3 de bois et pèsera au moment de son lancement au moins 1 100 *t*. Le fond est provisoirement fermé avec un plancher léger en bois pour accroître sa capacité de flottaison et l'empêcher de trop enfoncer lors de la mise à l'eau. Ces caissons ont environ 5,80 *m* de hauteur et tireront à peu près 4 *m* d'eau lorsqu'on les remorquera jusqu'à leur emplacement qui a été dragué à une profondeur de 6,10 *m*.

On surmontera la partie supérieure d'un batardeau mobile en bois, attaché par des équerres et des tiges terminées par des parties filetées et des écrous. Ce batardeau aura 2,45 *m* de hauteur et on y coulera une couche de béton de 2 *m* d'épaisseur pour lester le caisson et l'immerger lorsqu'il sera à son emplacement définitif. On enlèvera alors le faux plancher inférieur en refoulant de l'air pour maintenir le caisson flottant et on le fera descendre lentement de manière à l'échouer. Le travail de fonçage sera poursuivi jusqu'à ce que le tranchant soit arrivé à la profondeur de 16,80 *m*; pendant le travail, on construira la maçonnerie au-dessus de l'eau au fur et à mesure du fonçage.

La pile terminée sera composée d'une hauteur de 2,10 *m* de béton

remplissant la chambre de travail et reposant sur le rocher, de 1.50 *m* d'épaisseur de bois formant le plafond du caisson, de 2 *m* d'épaisseur de béton, de 8,25 *m* de maçonnerie de pierre calcaire et de 8,85 *m* de maçonnerie de granit supportant la charpente métallique de la tour. On estime que cette fondation coûtera 1 800 000 *f*. La tour du côté de Brooklyn sera construite d'une manière analogue.

Association des Ingénieurs allemands. — Nous donnons à titre de curiosité les recettes et dépenses de l'exercice 1896 de l'Association des Ingénieurs allemands qui parait en train de devenir, si elle ne l'est déjà, la plus puissante Société d'Ingénieurs du monde. Les chiffres suivants permettent de se faire une idée de son organisation.

Les recettes de l'année 1896 se sont élevées à 605 000 *f*, ainsi composés : d'abord 12 360 *f* pour droits d'admission de 989 nouveaux membres à raison de 12,50 *f* pour chaque, puis 275 500 *f* pour les cotisations de 11 500 membres à 25 *f* par tête, 260 000 *f* pour les annonces, 42 000 *f* pour les abonnements, ventes de bulletins et de tirages à part et 15 640 *f* pour intérêts de fonds placés.

Les dépenses se sont élevées au chiffre de 575 000 *f* laissant ainsi un excédent de recettes de 30 000 *f*. Nous voyons figurer dans les dépenses 57 000 *f* pour la part revenant aux groupes dans les cotisations, 260 000 *f* pour la publication du journal de l'Association, somme dans laquelle les frais de rédaction entrent pour 62 500 *f*, ces frais représentent les traitements d'un personnel ainsi composé : un directeur recevant 18 750 *f*, trois rédacteurs payés ensemble 18 750 *f*, des employés de bureau 15 000 *f* et des dessinateurs 10 500 *f*. On trouve ensuite des frais d'administration et dépenses intérieures de toute nature s'élevant au chiffre très rond de 170 000 *f*, 50 000 *f* pour intérêts à payer et 38 000 *f* pour dépenses diverses telles que subventions, secours, contribution à des travaux de recherche, etc. Dans le second chapitre l'expédition du bulletin figure pour plus de 80 000 *f*, on sait que le bulletin est hebdomadaire.

Le nombre des groupes de l'Association est actuellement de trente-six, mais il y a des membres qui n'appartiennent à aucun groupe, l'affiliation à une de ces sections n'étant nullement obligatoire.

En 1886, soit dix ans auparavant, la même Société comptait 5 630 membres et en avait admis 458 dans l'année, l'accroissement a donc été de 5 870, ou 587 par an. Les recettes s'élevaient à 204 000 *f* et les dépenses à 182 000 *f*, dans ce chiffre les publications figuraient pour 138 000 *f* dont 19 000 pour la rédaction.

Les choses ont singulièrement changé depuis lors comme on peut en juger par les chiffres donnés plus haut.

Emploi de l'électricité pour l'attaque des coffres-forts. — Nous avons parlé dans la chronique de septembre 1897, page 451, de la construction des coffres-forts au point de vue de la résistance aux tentatives d'effraction. Le journal *American Electrician* a donné récemment un article dans lequel l'auteur le lieutenant Sam. Rodman donnait les indications suivantes relatives à l'emploi du courant électrique pour l'attaque des coffres et chambres de sûreté.

Un fil relié à une source convenable d'électricité permet d'amener le courant à portée de la paroi à attaquer; ce courant est supposé avoir une tension de 110 à 220 volts, ce fil se termine par un crayon de charbon de longueur convenable; un autre fil relié à l'autre conducteur se rattache à la paroi métallique. A l'endroit où on veut faire agir le crayon, on dispose avec de l'argile et de l'amiante une sorte de godet, découvrant au fond le métal sur une faible surface. On fixe le crayon à une poignée non conductrice pour pouvoir le manier sans danger. En approchant le crayon du métal on produit un arc dont la température atteint plusieurs milliers de degrés et le métal de la paroi du coffre est mis en fusion avec une extrême rapidité; on peut ainsi pratiquer un trou à travers l'épaisseur totale. La seule difficulté est de connaître le nombre de volts et d'ampères qu'on peut obtenir des conducteurs les plus voisins et d'interposer une résistance susceptible de ramener le courant à environ 60 volts et 150 ampères au plus. Ce n'est pas bien difficile pour un électricien et peut être fait, avec un peu de pratique, par toute personne intelligente.

L'article est accompagné de phototypies montrant des trous ainsi obtenus dans des plaques d'acier ou de métal coulé en coquille.

L'*Engineering News* fait observer que, si réellement les instructions mises si libéralement à la disposition des voleurs par le lieutenant Rodman offrait des chances sérieuses de succès, il n'est pas douteux que l'électricité ne fût appelée également au secours de la défense pour fournir des moyens de protection, tels qu'avertisseurs, armes à feu, partant par l'effet d'une tentative d'effraction, pinces automatiques saisissant les voleurs, etc. La chimie pourrait aussi être appelée à la rescousse et on conçoit qu'on puisse disposer des doubles parois avec un intervalle contenant des gaz vénéneux sous pression, lesquels viendraient asphyxier les assaillants dès qu'ils auraient réussi à entamer la première paroi.

Mais fort heureusement il ne parait pas nécessaire de recourir à ces moyens extraordinaires de défense, parce que les instructions à l'usage des voleurs données dans l'article que nous avons cité ne paraissent pas pouvoir être réalisées pratiquement.

M. E. S. Noe, directeur de la General Electric Cy, de Chicago, dans une lettre publiée par l'*Electrical Engineer*, établit que le courant nécessaire pour perforer la paroi d'une chambre de sûreté doit être de 300 à 700 ampères avec une tension de 40 à 50 volts. Si on admet 350 ampères et 40 volts, le produit représente quelque chose comme 19 chevaux électriques. Pour obtenir un courant semblable d'un courant alternatif de 1 000 à 2 000 volts, il faudrait employer un transformateur spécial dont le poids ne serait probablement pas inférieur à 600 *kg* et qui constituerait un appareil peu portatif et difficilement admissible dans l'arsenal des voleurs de coffre-forts. Les conducteurs, pour amener le courant du transformateur au crayon d'attaque, devraient avoir 10 à 12 *mm* de diamètre et l'arc formé serait d'une telle puissance qu'il serait assurément fort dangereux de le manier. La combustion du charbon et la fusion du métal donneraient des dégagements de gaz et de fumée assez gênants pour empêcher totalement les assaillants de séjourner

dans la pièce où devrait se faire l'opération. Il y a encore bien d'autres difficultés qui rendent cette manière d'opérer assez peu commode et assez dangereuse pour que l'effraction des coffres et chambres de sûreté par l'emploi de l'électricité ne puisse pas encore être considérée comme devant être prochainement réalisable en pratique.

Un sauvetage remarquable. — Au commencement du mois d'août 1896, le vapeur *Catherthun*, allant de Sydney à Hong-Kong, toucha sur une roche sous-marine et coula à 3 ou 4 milles de la baie de Seal Rocks située sur la terre principale des Nouvelles Galles du Sud. Le navire avait à bord 45 000 dollars en or et les Compagnies d'assurance résolurent de tâcher de retirer cet or de l'épave. Le capitaine John Hall, de Sydney, fut chargé de l'opération.

Arrivé immédiatement sur les lieux, il chercha d'abord à reconnaitre la position du navire coulé en trainant un câble d'acier sur sa route supposée et, après quelques tâtonnements, parvint à le retrouver. On fixa, comme d'habitude la situation par une bouée. On fit descendre des plongeurs qui reconnurent que la paroi de la chambre forte où se trouvaient les espèces était à 169 pieds (50,32 *m*) au-dessous du niveau de la mer. Une fois cette constatation faite, on plaça contre la paroi en tôle des charges de dynamite qu'on fit sauter.

Mais, par suite de la disposition locale, on ne put faire ainsi qu'un trou de trop petites dimensions pour qu'un homme, portant un costume de plongeur pût pénétrer dans la chambre. On fut donc obligé d'extraire les espèces au moyen d'une sorte de filet ; on put ainsi, avec beaucoup de peine, retirer 39 710 dollars sur les 45 000. Deux plongeurs durent descendre jusqu'à neuf fois dans une journée et rester une fois 15 minutes sous l'eau. De plus le mauvais temps, les courants et la difficulté du travail firent perdre beaucoup de temps et cependant l'opération fut exécutée avec une rapidité remarquable puisque, le naufrage étant arrivé le 4 août, le sauvetage de l'or était terminé le 18 du même mois.

Si on remarque que 50,32 *m*. de hauteur d'eau de mer correspondent à 54,70 *m* d'eau douce, on voit que la profondeur arrivait à l'extrême limite où les plongeurs peuvent descendre, profondeur que notre éminent Collègue et ancien Président, M. Hersent, a trouvé, dans de remarquables expériences faites à Bordeaux, être de 50 à 55 *m*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1897.

Notice nécrologique sur M. Legrand, membre de la Commission des fonds, par M. C. Lavollée.

Rapport de L. Appert, sur les **vitraux** de M. Dandois.

Ces vitraux sont obtenus par superposition de deux feuilles de verre ayant une image, l'une sur la face antérieure, l'autre sur la face postérieure. Si on dispose les choses de manière que l'une des images constitue les premiers plans et l'autre les seconds plans, la différence de distance suffit pour donner une impression de relief analogue à celle qu'on obtient d'un stéréoscope.

Ces vitraux peuvent également être obtenus avec des feuilles de mica. Ce procédé, qui produit un effet très satisfaisant, est susceptible d'assez nombreuses applications.

Rapport de M. S. Pector sur un ouvrage intitulé : **La Normandie monumentale et pittoresque.**

Cet ouvrage, édité par MM. Lemale et Cie, au Havre, doit contenir cinq volumes, un pour chacun des départements qui constituent l'ancienne province de Normandie. Il est illustré de nombreuses photogravures et phototypogravures, et présente d'autant plus d'intérêt qu'il apporte un précieux concours aux travaux de vulgarisation des richesses nationales qu'on ne saurait trop encourager.

Rapport de M. Ed. Bourdon sur **une fourche de bicyclette** de M. Luis de Loma.

Un des accidents les plus graves auxquels sont exposés les bicyclistes est la rupture de la tête de la fourche. C'est ce point faible que tous les fabricants se sont ingéniés à renforcer. Celle de M. de Loma paraît établie rationnellement et sa construction remplit les conditions mécaniques offrant le maximum de sécurité; elle est constituée par trois tiges concentriques indépendantes les unes des autres, mais rendues solidaires par leurs extrémités supérieures brasées ensemble.

Grâce à cette disposition, si l'une ou même deux venaient à se rompre, celle ou celles qui resteraient rempliraient complètement leur rôle, d'où impossibilité d'accident, à moins d'admettre le cas, infiniment peu probable, où toutes les trois viendraient à se casser simultanément.

D'expériences faites par notre Collègue, il résulte que les fourches de Loma présentent une résistance double ou triple de celle des autres fourches avec lesquelles elles ont été comparées.

L'imprimerie, conférence de M. Chamerot.

Cette conférence, très intéressante, passe rapidement en revue les origines de l'imprimerie qui remontent fort loin puisqu'on peut rattacher à cet art l'emploi des cachets ou des caractères que les anciens employaient pour produire des empreintes sur de la cire ou de l'argile. L'exécution de cartes à jouer et d'images de sainteté a d'ailleurs précédé celle des textes et l'emploi des caractères mobiles n'est venue qu'après, vers la seconde moitié du xv[e] siècle. Cette première partie est accompagnée d'une série de reproductions de pages de livres remarquables, depuis la naissance même de l'imprimerie jusqu'à nos jours et dont la première est une page de la première Bible imprimée connue ; elle a été imprimée en 1455, à Mayence, par Gutenberg et Fust.

Le conférencier décrit ensuite les caractères et les machines employés depuis l'origine jusqu'à notre époque et donne quelques détails sur les papiers, les formats, les encres, la composition, le tirage, etc.

L'outillage américain pour la fabrication du vélocipède, par M. F. Maudon.

Aux État-Unis, la fabrication des vélocipèdes a fait naître un nombre important de machines-outils nouvelles et des procédés absolument nouveaux de travail, qu'il est très intéressant de connaître. Ces machines et méthodes visent principalement la fabrication des moyeux. celle du mouvement pédalier et des chaines, du cadre, le montage des roues, le perçage des jantes, etc.

Une observation qui a sa valeur est que, si, par impossible, l'industrie de la fabrication des cycles venait à disparaître, elle laisserait derrière elle un progrès considérable dans la fabrication mécanique en général, parce qu'un grand nombre de ces machines nouvelles créées pour la fabrication des cycles s'emploient aujourd'hui dans bien d'autres industries.

Analyse du quatrième rapport du **Comité de recherches sur les alliages** de l'*Institution of Mechanical Engineers*, d'après Roberts Austen.

Ce quatrième rapport traite, après quelques observations générales sur l'état actuel de la question : 1° des alliages de cuivre et zinc ou *laitons ;* 2° de certaines relations entre la fusibilité et la résistance des alliages, impliquant des considérations sur la constitution des alliages en général ; 3° de recherches expérimentales sur la mobilité moléculaire des métaux à l'état solide et fondu, désignée sous le nom de *diffusion ;* 4° de certaines expériences qui ont permis de perfectionner le pyromètre enregistreur et rendu sa calibration plus exacte.

Notes de mécanique.

Nous mentionnerons parmi ces notes : la taille des pignons coniques et hélicoïdaux, d'après M. Gibson ; la riveuse Rhodes pour chaines de bicyclettes, le frappeur pneumatique de Rinsche, les poinçons composés Lucas, les roues élastiques pour voitures de Beguin, et enfin une note

de M. Mengin sur la propagation des déformations dans les métaux soumis à des efforts, cette dernière reproduite des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*.

Programme des prix proposés par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale à décerner dans les années 1898 et suivantes.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er TRIMESTRE DE 1897 (1).

Notice sur la **Vie et les travaux d'Armand Rousseau**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par C. Colson, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Résistance des barres soumises à des efforts de compression, par M. Dupuy, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

Cette note a pour objet de faire connaitre les faits constatés dans des expériences sur des barrettes soumises à des efforts de compression et les conclusions qui semblent s'en déduire.

Ces expériences ont été faites avec la machine à essayer de l'École des Ponts et Chaussées ; les barrettes avaient toutes 560 *mm* de longueur et les épaisseurs étaient de 20, 15 ou 10 *mm*.

On déterminait préalablement par des essais à la traction le coefficient d'élasticité des barrettes et la limite d'élasticité du métal. Nous nous bornerons à reproduire les conclusions de cet important mémoire.

Des faits constatés il résulte que le métal se comporte à la compression comme à la tension *lorsqu'il ne peut pas se produire de flexion*, c'est-à-dire que, si une pièce est soumise à des efforts allant en augmentant, elle se raccourcit proportionnellement aux efforts jusqu'à une certaine limite au delà de laquelle la pièce se raccourcit pendant un certain temps sans que l'effort augmente.

Tant que la limite d'élasticité n'est pas dépassée, la pièce reprend sa longueur initiale si l'effort cesse ; tandis que, si cette limite a été dépassée, la pièce ne reprend pas sa longueur primitive, elle est écrasée.

Si on continue à écraser la pièce, il arrive un moment où la résistance reprend ; la limite d'élasticité se modifie et elle correspond à peu près à l'effort qui a produit l'écrasement.

Les limites d'élasticité à la compression et à la tension paraissent correspondre à peu près au même effort lorsque la pièce n'a été ni étirée ni écrasée.

Le coefficient d'élasticité à la compression semble un peu supérieur au coefficient d'élasticité à la tension.

(1) Depuis cette année, la partie des *Annales des Ponts et Chaussées* contenant les mémoires et documents relatifs à l'art des constructions ne paraît plus que trimestriellement.

L'étirage ne paraît pas modifier la limite d'élasticité à la compression.

Lorsque les pièces peuvent fléchir, on obtient avec une grande exactitude le travail du métal dans les différentes fibres, si l'on peut déterminer la position de la résultante des actions par rapport à l'axe neutre de la pièce ; mais, si la résultante des actions semble coïncider avec l'axe neutre de la barre, il devient très difficile de savoir comment se comportera la barre, attendu que, dans la pratique, il se produira toujours des déformations qui accroîtront le travail dans certaines fibres.

Dans ce cas, les limites dangereuses sont la limite d'élasticité si elle est inférieure à $EI \frac{\Pi^2}{SL^2}$ et $EI \frac{\Pi^2}{SL^2}$, si cette quantité est inférieure à la limite d'élasticité. Dans cette expression, S est la section de la pièce et L sa longueur.

Le coefficient de sécurité pratique à adopter paraît devoir être toujours inférieur au tiers de la plus faible de ces limites.

Mémoire sur **les profils des barrages en maçonnerie** envisagés dans leurs rapports possibles avec les sous-pressions, par M. Pelletreau, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur débute par faire observer que si, pendant longtemps, on n'a pas attribué aux fissures des barrages l'attention qu'elles réclament, maintenant, à la suite d'événements récents, ces fissures paraissent être devenues la principale préoccupation des Ingénieurs qui étudient les barrages. La supposition plus ou moins fondée que les sous-pressions amenées par des fissures horizontales peut faire travailler à l'extension du profil réputé sans extensions oblige les constructeurs à envisager cette éventualité.

Le mémoire examine donc : 1° si on peut renforcer suffisamment un profil ordinaire pour lui permettre de défier les sous-pressions et 2° quelles dispositions on peut adopter pour soustraire l'ouvrage à l'action des sous-pressions.

L'étude du premier point conduit à étudier un renforcement des profils ordinaires et celle du second conduit à étudier des types nouveaux.

Ces deux questions sont traitées successivement.

On peut arriver à renforcer suffisamment un profil ordinaire, mais il restera toujours, pour beaucoup d'esprits, une préoccupation relative à l'action de l'eau sur les maçonneries et le désir correspondant de soustraire le corps de l'ouvrage au contact direct de l'eau. On est donc conduit à la seconde question qui est l'étude des types nouveaux au premier rang desquels figure l'emploi des masques ou écrans. Un examen approfondi de ce point ramène à l'étude d'un ouvrage composé d'une série de voûtes à axe vertical barrant la vallée et reportant la pression sur des piles intermédiaires. Le mémoire entre à ce sujet dans des détails qui constituent une sorte d'avant-projet général d'un ouvrage de ce genre qui présenterait, outre de grandes garanties de sécurité, une certaine économie d'établissement.

(A suivre.)

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1897.

Note sur la traction électrique à prise de courant aérienne, par M. C. Walckenaer, Ingénieur des Mines.

Après quelques généralités sur la question de la traction électrique et des avantages qu'elle présente pour les tramways, l'auteur passe à l'étude générale de la question de traction, éléments du coefficient de résistance à la traction, forme des rails, courbes et rampes, variations de vitesse, résistance au démarrage; ce dernier point présente un intérêt particulier, non par suite de la résistance au démarrage proprement dit, mais à cause du travail dépensé pour amener rapidement le véhicule du repos à la vitesse normale.

Le mémoire traite ensuite de l'équipement électrique des véhicules moteurs, c'est-à-dire des moteurs, de leur disposition et leur installation, la transmission et la suspension, etc.; puis les régulateurs et les appareils accessoires, l'emploi des accumulateurs auxiliaires, les moteurs à courants polyphasés, les organes de prise de courant, perches, pièces frottantes, archet Siemens, etc. Vient ensuite l'étude des installations fixes, conducteurs, supports, résistance du sol, phénomènes d'électrolyse, circuits de retour, réseaux, usines génératrices, etc. On trouvera dans ce mémoire des détails intéressants sur des dispositions nouvelles.

Appareils servant à mesurer l'humidité d'une vapeur, par M. Rateau, Ingénieur des Mines.

On peut employer diverses méthodes pour l'appréciation de la quantité d'eau entraînée par la vapeur; ainsi la méthode calorimétrique de Hirn, lente et minutieuse; la méthode du sel, très inexacte; la méthode de la séparation.

On peut, d'ailleurs, opérer soit sur la totalité du courant de vapeur, soit sur un échantillon qu'on y prélève. La prise de ces échantillons constitue un point des plus délicats.

Les méthodes qu'on peut employer pour la mesure, sur ces échantillons, sont : la méthode du séparateur, dans laquelle, comme le nom l'indique, on sépare mécaniquement l'eau de la vapeur; la méthode de la détente, basée sur la surchauffe de la vapeur par détente sans travail; l'appareil Gehre, basé sur le principe suivant : si on chauffe un mélange de vapeur et d'eau dans une enceinte fermée, la température et la pression correspondront conformément aux tables de Regnault tant qu'il restera de l'eau à vaporiser; puis, lorsque toute l'eau sera réduite en vapeur, la chaleur ne fera plus que surchauffer celle-ci et la température croîtra plus vite, par rapport à la pression, que d'après les tables de Regnault. Si donc on mesure la pression où la concordance cesse et si on connaît la pression initiale du mélange, il sera facile d'en déduire les quantités relatives d'eau et de vapeur qui se trouvaient en présence.

L'auteur s'est proposé de modifier le calorimètre à détente employé en Amérique en évitant divers inconvénients qu'il présente. Il a ainsi réalisé un appareil assez simple dans lequel on obtient la proportion d'eau par la lecture de deux thermomètres. On divise l'échantillon prélevé en deux parties. L'une est plus ou moins surchauffée par un fourneau à flamme réglable et se mélange à l'autre partie ; on s'arrange pour que le mélange soit lui-même un peu surchauffé ; si θ_1 est la surchauffe de la moitié et θ_2 la surchauffe du mélange, le titre de la vapeur en millièmes est à peu près égal à la différence $\theta_1 - 2\theta_2$, exprimée en degrés centigrades.

L'auteur a fait de nombreuses mesures avec son appareil ; on a pu reconnaître que le fonctionnement en est bon, mais il faut observer que la question est beaucoup moins d'avoir une bonne méthode et un bon instrument que de savoir si la mesure obtenue est bien celle qui se rapporte à la vapeur qu'on a à étudier. On n'est jamais bien sûr que l'échantillon prélévé pour l'analyse est conforme à la teneur moyenne du courant de vapeur d'où il est issu ; il ne paraît pas qu'on soit parvenu à indiquer une manière de faire correctement la prise d'échantillon.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Avril 1897.

Séance du 6 avril 1897

Communication de M. Mayençon sur des **expériences de stéréélectrolyse.**

Nous avons déjà eu occasion de parler de cette méthode d'électrolyse des corps solides qui donne des résultats très remarquables, surtout dans son application à la constatation de la presence de certains composants. Les expériences faites dans cette séance portent sur la recherche du carbone, du soufre, phosphore, arsenic, sur l'analyse des phosphures, phosphates, silicates, sulfures etc.

Recueil méthodique de législation minérale. — Cet ouvrage, que vient de faire paraître M. Léon Michel, chef de contentieux de la Société des Houillères de Saint-Étienne, reproduit les textes, soit législatifs, soit administratifs, qui régissent aujourd'hui les mines, minières, tourbières, carrières, appareils à vapeur, eaux minérales et établissements insalubres. Cet ouvrage est de nature à rendre de réels services aux industries qui viennent d'être mentionnées.

Compte rendu de **la course géologique de l'École des Mines de Saint-Étienne** en 1896, par M. Poulet.

Cette course avait pour objet la visite des régions volcaniques de l'Auvergne et du Velay, l'étude des relations entre les roches éruptives d'épanchements et les couches sédimentaires déposées pendant la période

tertiaire sur le soubassement primitif du Plateau Central. Le programme comportait l'examen de trois centres d'éruption distincts : la chaîne des Puys, le Mont-Dore et le Velay. L'excursion a duré du 21 au 28 juin 1896.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de Février-Mars 1897.

La crise du revenu, conférence faite à la Société industrielle le 24 février 1897, par M. E. Cheysson, membre de l'Institut.

L'éminent conférencier examine la situation de l'homme qui vit sur le revenu de son capital, situation qui, comme on sait, subit une dépression de plus en plus marquée et dont l'histoire enregistre les diverses phases. Il rappelle que, dans un ouvrage couronné par l'Institut et intitulé : *La Fortune privée à travers sept siècles*, M. le vicomte d'Avenel a mesuré l'effet dont il s'agit en prenant le cas du détenteur d'une somme de 1 000 livres sous Charlemagne et en suivant ses héritiers jusqu'à nos jours, en indiquant les taux respectifs du revenu qui ont successivement correspondu à cette somme initiale de 1 000 livres. Il suffit de rappeler que, sous Charlemagne, le possesseur de ce capital en aurait retiré un revenu correspondant à 72 900 *f* de notre monnaie, en 1500 2 300 *f* à la fin du siècle dernier 90 *f* et aujourd'hui 30 *f*.

La conclusion de M. Cheysson est que l'on doit lutter contre la crise du revenu par le travail dont, au contraire, le revenu va en progressant d'une manière continue.

La crise du revenu doit être salutaire comme une crise de croissance. Courageusement acceptée, elle peut devenir le salut de la bourgeoisie, bien loin de la conduire à sa perte, si celle-ci sait en profiter pour reprendre cet ascendant social qui doit être dû, non à ses écus, mais à sa bonne tenue morale, à son ardeur au travail, à l'éclat de ses services et à son dévouement pour diminuer le lot des souffrances humaines.

Rapport de M. Ernest Meininger sur l'exercice 1895-1896 de **la Société des Intérêts de Mulhouse et de la région** (Bureau mulhousien d'informations.)

On sait que cette institution a été fondée sur le modèle des Verkerhsbureaux suisses ; elle a commencé à fonctionner le 1er mai 1895. Les résultats constatés semblent indiquer que cette création correspondait à un besoin réel et présentait une utilité sérieuse.

Note sur **le garde-navette d'Arlen** par M. Léon Frey.

Ce garde-navette, dû à M. Imbach et employé dans les usines Ten-Brinck, à Arlen, se compose simplement d'une pièce de bois d'environ 50 *mm* de largeur, fixée au bas du couvercle du battant par des charnières formant articulation. Cette pièce, qui est le garde-navette proprement dit, est maintenue dans une position oblique vers le bas par une espèce de taquet servant en même temps de ressort et empêche que la

navette, en sautant, ne soit projetée hors du métier. Cet appareil est simple, bon marché et efficace.

Note sur **la réaction de Schiff appliquée à la fuchsine acide,** par M. Léon Lefevre.

Note sur **l'action de la lumière sur le sel d'indigo de Kalle** par M. E. Kopp.

Sur **la conservation de l'eau oxygénée.**

M. Sander a constaté que l'alcool et l'éther ont la propriété de conserver l'eau oxygénée beaucoup mieux que tout autre produit, et le procédé le plus simple consiste à l'additionner d'une petite quantité d'alcool et de la garder dans un endroit frais et à l'abri de la lumière.

Rapport de M. Alfred Favre sur la marche du **Musée de dessin industriel** de la Société Industrielle de Mulhouse pendant l'année 1896.

Bulletin d'Avril 1897.

Rapport de M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef de l'Association Alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur, sur **les travaux exécutés sous sa direction** pendant l'exercice 1896.

Parmi ces travaux se trouve l'essai sur un appareil de circulation d'eau dans les chaudières de M. Furrer, dont nous avons déjà eu occasion de parler, puis des expériences sur la grille Kudlicz, qui ne paraît pas donner d'avantages avec les houilles menues de Sarrebruck employées par l'industrie du pays. Il y aurait peut-être un faible avantage sous le rapport de l'absence de fumée noire, mais la durée totale de la fumée est presque la même qu'avec le chauffage ordinaire.

Comme accidents, on signalera des déformations de foyers intérieurs par suite de manque d'eau, des explosions de gaz dans des carneaux de chaudières, une explosion de surchauffeur due à la dilatation par l'échauffement d'eau condensée dans le surchauffeur, accident qui s'est produit déjà plusieurs fois et qu'on doit prévenir par la pose d'un robinet de purge à la partie inférieure des appareils, enfin une rupture de conduite de vapeur amenée par le fait qu'on avait, avec une nouvelle chaudière timbrée à 8 *kg*, utilisé une portion de conduite ayant servi avec l'ancienne chaudière timbrée à 5 *kg*. On a constaté que cette partie en cuivre, déchirée suivant la ligne de brasure, avait son épaisseur primitive de 3 *mm* réduite à 2 dans la ligne de rupture.

Avec les pressions plus élevées qu'on emploie aujourd'hui, les conduites de vapeur doivent être l'objet d'une sérieuse attention.

Rapport de M. C. Pierron sur **le service des installations électriques.**

Ce rapport décrit sommairement l'organisation du laboratoire d'électricité et rend compte d'un essai de consommation sur une turbine à vapeur de Laval actionnant une dynamo. Cette turbine fonctionnait avec condensation avec de la vapeur à 8,5 *kg* de pression. A pleine charge

le travail moyen était de 116,20 *ch*, la consommation d'eau par cheval-heure a été de 9,21 *kg*. et à demi-charge, pour 60 *ch*, de 10,30 *kg*.

Rapport de M. Victor Schlumberger sur **le métier à tisser « Northrop. »**

C'est un nouveau métier à tisser américain employé dans plusieurs grandes manufactures des États-Unis. Le rapport donne ses avantages et ses inconvénients et conclut qu'il n'y a pas encore nécessité pour l'industrie alsacienne de s'émouvoir grandement de l'apparition en Amérique de ce nouveau métier. Un établissement allemand étudiant en ce moment au point de vue pratique la marche de ce métier, on ne tardera pas à être définitivement fixé sur sa valeur réelle.

Rapport de M. Ivan Zuber sur l'**Association allemande des employés privés.**

Cette association, établie à Magdebourg en 1881, englobe déjà plus de 13 000 membres de diverses régions de l'Allemagne, répartis en 280 groupes et possède une fortune d'environ 2 millions de marks. Les membres paient un droit d'entrée de 3 marks versés au fonds de réserve et une cotisation annuelle de 6 marks. Ils ont droit:

1° Aux secours en cas de gêne imméritée par suite d'adversité ou de malheurs;

2° A l'assistance pour les recherches d'emploi;

3° Aux conseils judiciaires;

4° A des facilités et réductions de prix pour les établissements de bains ou sanatorium;

5° A des rabais vis-à-vis de diverses Sociétés d'assurances-vie, incendie ou autres;

6° A l'envoi du journal mensuel de l'Association.

En outre, les membres ont la faculté de s'inscrire à l'une ou plusieurs des caisses d'assistance de l'Association, savoir : caisse des veuves, caisse de pensions, caisse de décès, caisse de malades, etc.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 18. — *1er mai 1897.*

Concours pour l'établissement d'un pont-route fixe sur le Rhin, près de Worms, par W.-O. Luck *(fin)*.

Résistance à l'enlèvement des copeaux de métal comme base du calcul rationnel des machines outils, par H. Fischer.

L'électrotechnique à l'Exposition du millénaire à Budapesth, par H. van Hoor *(suite)*.

Groupe de Wurtemberg. — Un nouveau pistolet à magasin. — Dispositions de chauffage pour chaudières à vapeur.

Correspondance. — Le bateau rouleur Bazin. — Ascenseurs pour personnes.

N° 19. — *8 mai 1897.*

Appareils de minoterie et moulin modèle à l'Exposition du millénaire à Budapest en 1896, par J.-A. Gerwen *(fin).*

Les machines à vapeur à l'Exposition d'électricité de Stuttgard en 1896, par W. Pickersgill.

Nouvelle installation de hauts fourneaux des usines Carnegie, à Duquesne.

Groupe de Hambourg. — Appareil pour enregistrer les irrégularités du mouvement des corps en rotation.

Bibliographie. — Construction des ponts, par E. Haseler.

Variétés. — Mise à l'eau du paquebot transatlantique *Kaiser Wilhelm der Grosse.*

N° 20. — *15 mai 1897.*

Diagramme thermique de la vapeur saturée et son application aux machines caloriques et frigorifiques, par Ugo Ancona *(fin).*

Quelques petites installations électriques faites par la fabrique de machines d'Esslingen, par F. Uppenborn.

Expériences de vaporisation sur une chaudière à foyer ondulé.

Assemblée générale des maîtres de forges allemands à Dusseldorf, le 25 avril 1897.

N° 21. — *22 mai 1897.*

Ordre du jour de la XXXVIII[e] réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands, à Cassel.

Moteurs à gaz et à pétrole à l'Exposition nationale suisse à Genève et à l'Exposition industrielle à Berlin en 1896, par G. Meyer *(suite).*

L'accumulateur Blot, par R. Schildhauer.

Construction des hélices propulsives, par J. Kleen.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Nouvelles idées sur la construction des dynamos.

Assemblée générale des maîtres de forges allemands à Dusseldorf, le 25 avril 1897 *(fin).*

Bibliographie. — Les mathématiques de l'Ingénieur dans l'ordre élémentaire, par Holzmuller. — Dictionnaire de conversation de Meyer.

Variétés. — Réunion des directeurs des Associations prussiennes de surveillance des chaudières à vapeur. — Association wurtemburgeoise de surveillance des chaudières à vapeur.

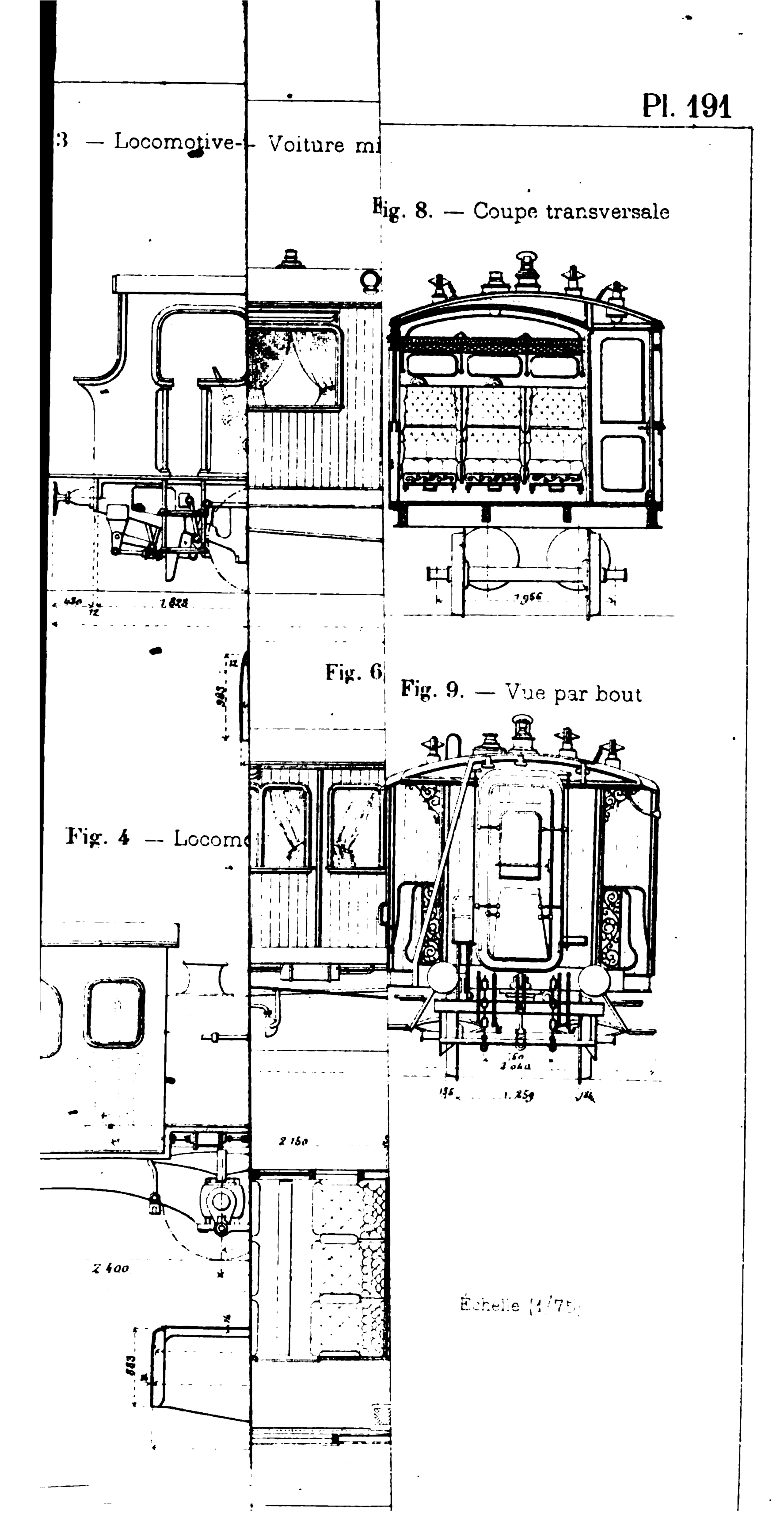
Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 12012-5-97. — (Encre Lorilleux).

3

Fig


3 — Locomotive-
Voiture mi
Fig. 8. — Coupe transversale
Fig. 6
Fig. 9. — Vue par bout
Fig. 4 — Locomo
Échelle (1/75)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1897

N° 6

Sommaire des séances du mois de juin 1897 :

1° *Nomination de membres de la Société dans les Sous-Comités départementaux de l'Exposition de 1900* (Séances des 4 et 18 juin), pages 714 et 726 ;

2° *Nomination de M. N.-P. Petrow, comme membre honoraire de la Société* (Séance du 4 juin), page 714 ;

3° *Concours pour la construction d'un phare métallique en Annam* (Séance du 4 juin), page 714 ;

4° *Congrès de l'Iron and Steel Institute, les 4, 5 et 6 août 1897, à Cardiff* (Séance du 4 juin), page 715 ;

5° *Décimalisation de l'heure et du cercle* (Séance du 4 juin), page 715 ;

6° *Laboratoire d'essai des matériaux* (Création d'un) Observations de MM. G. Dumont, M. Svilokossith, G. Richard (Séance du 4 juin), page 715 ;

7° *Les Réservoirs du Nil et l'analyse du projet de M. Baudot sur le barrage du Djebel-Silsileh,* par M. E. Badois (Séance du 4 juin), page 716;

8° *Compte rendu semestriel de la situation financière de la Société,* par M. L. de Chasseloup-Laubat, trésorier, et observations de M. le Président (Séance du 18 juin), page 719 ;

9° *Prix annuel de la Société décerné à M. Ch. Frémont* (Séance du 18 juin), page 724 ;

10° *Prix Nozo décerné à M. L. de Chasseloup-Laubat* (Séance du 18 juin), page 724 ;

11° *Election des Membres du Comité* (Proposition de modification au mode d') (Séance du 18 juin), page 724 ;

12° *Décès de M. H. Remaury.* — Notice nécrologique par M. le Président (Séance du 18 juin), page 725 ;

13° *Décoration* (Séance du 18 juin), page 726 ;

14° *Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux de construction, à Stockholm, les 23, 24 et 25 août 1897.* — Délégués de la Société, MM. L. Baclé, N. Belelubski, A. Brüll, E. Caudlot, G. Guillemin, F. Osmond, E. Polonceau, A. Pourcel, M. Svilokossitch (Séance du 18 juin), page 726 ;

15° *Concours pour un projet d'édifice destiné au palais du Pouvoir législatif fédéral, organisé par les États-Unis américains* (Séance du 18 juin), page 726 ;

16° *Procédé mécanique de compression du sol, de M. Dulac*, par M. A. Brüll, et observations de M. L. Rey, H. Couriot, E. Lippmann, L.-M. Dulac (Séance du 18 juin), page 726 ;

17° *Ordure des villes et leur traitement par la vapeur d'eau*, par M. Desbrochers des Loges, et observations de MM. Serrin, E. Badois, Lauriol, L. de Chasseloup-Laubat, Lencauchez (Séance du 18 juin), page 732 ;

Mémoires contenus dans le bulletin de Juin 1897 :

18° *Les Réservoirs du Nil*, par M. E. Badois, page 739 ;

19° *Les ordures des Villes. — Leur traitement par la vapeur d'eau sous pression et leur utilisation*, par M. Desbroches des Loges, page 767 ;

20° *Chronique*, n° 210, par M. A. Mallet, page 795 ;

21° *Comptes Rendus*, — page 807 ;

22° *Table des matières contenues dans la chronique du premier semestre de 1897*, page 814 ;

23° *Table des matières traitées dans le premier semestre du bulletin de 1897*, page 817 ;

24° *Table alphabétique par noms d'auteurs des mémoires insérés dans le premier semestre du bulletin de 1897*, page 823.

25° *Planches*, nos 192, 193 et 194.

Pendant le mois de juin 1897, la Société a reçu :

36651 — *L'Exposition de Bordeaux 1895. Publié sous les auspices de la Société philomathique* (grand in-8° de 312 p. avec nombreuses illustrations). Paris, Quantin, 1897.

36652 — De M. M.-A.-C. Crehore and G.-O. Squier. *The synchronograph. A new method of rapidly transmitting intelligence by the alternating current by Albert Cushing Crehore and George Owen Squier. Presented at the 115 th. Meeting of the American Institute of Electrical Engineers, New-York and Chicago, April 21, 1897* (in-8° de 31 p.).

36653 — Du Comité de souscription du monument Colladon. *Monument élevé à Jean-Daniel Colladon, Ingénieur, Professeur de l'Académie de Genève (1802-1893)* (une feuille de 450 × 650).

36654 — De M. Vl. Herzenstein (M. de la S.). *Le mécanisme du lit fluvial, par V. Lokhtine* (grand in-8° de 64 p. avec 4 tables et 6 pl.). Saint-Pétersbourg, 1896.

36655 — De M. Ad. Minet. *Electro-métallurgie. Voie humide et voie sèche. Phénomènes électro-thermiques, par Ad. Minet* (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (petit in-8° de 193 p. avec 27 fig.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1897.

36656 — De M. Armengaud Aîné (M. de la S.). *Le Vignole des mécaniciens. Etude sur la construction des machines. Types et proportions des organes qui composent les moteurs, les transmissions de mouvement et autres mécanismes, par Armengaud aîné. 3e édition* (grand in-8° de 720 p. avec 885 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1897.

36657 et 36658 — De l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées. *Ecole nationale des Ponts et Chaussées. Collection de dessins distribués aux élèves. Légende explicative des planches. Tome quatrième, 4e fascicule, vingt-huitième livraison 1896 (pages 33 à 100, 6e série. Ports maritimes, section B, planches 1 à 13)*. Paris, Imp. Nat., 1896.

36659 et 36660 — De l'United States Geological Survey, par l'intermédiaire de la Smithsonian Institution. *Seventeenth Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of Interior 1895-96. Charles D. Walcott Director. In three Parts. Part III. Mineral Resources of the United States, 1895. Metallic Products and Coal. Part III (continued). Mineral Resources of the United States, 1895. Nonmetallic Products, except Coal.* Washington, 1896.

36661 — De M. A. Raddi. *Resultati sperimentali sulla resistenza di alcuni Materiali da Costruzione allo schiacciamento. Comunicazione dell' Ing. Amerigo Raddi* (in-8° de 15 p.). Firenze, 1896.

36662 — Dito. *La fabbricazione del carburo di calcio e la spesa d'impianto relativa per una fabbrica in Toscana, per A. Raddi* (in-8° de 23 p.). Firenze, 1896.

36663 — Dito. *Lo stato igienico sanitario del comune di Firenze per l'anno 1895, per A. Raddi* (in-8° de 22 p.). Milano, 1896.

36664 — Dito. *Il servizio di tramvia in Firenze ed il suo riordinamento, per A. Raddi* (in-8° de 56 p.). Firenze, 1896.

36665 — Dito. *Alcune questioni d'igiene edilizia e di polizia sanitaria. Memorie e Comunicazioni del Ing. A. Raddi* (in-8° de 77 p.). Firenze, 1896.

36666 — Dito. *I monopolj dei servizj pubblici. Nota del Ing. A. Raddi* (in-8° de 7 p.). Palermo, 1897.

36667 — Dito. *Come si difende la spiaggia Ligure di Chiavari, 11a Nota del Ing. A. Raddi* (grand in-8° de 4 p.). Chiavari, 1897.

36668 — Dito. *La frana di Portofino (Liguria) del Ing. A. Raddi* (une feuille grand in-8°). Chiavari, 1897.

36669 — De M. J. Carimantrand (M. de la S.) : *Les voies navigables du nord de la France vers Paris. Leur état actuel. Mesures à prendre en vue d'en augmenter l'effet utile* (petit in-4° de 23 p.). Paris, Comité central des houillères de France, 1897.

36670 — De la Society of Engineers : *Society of Engineers. Transactions for 1896 and general Index 1857 to 1896*. London, 1897.

36671 — De M. G. Camillo Borgnino : *Abänderung zu den mettallenen Kupplungsmuffen in den Schläuchen der Vacuum-Bremse, System Hardy, Denkschrift des Ingenieur G. Camillo Borgnino* (in-8° de 28 p. avec 5 Autotypien und 8 Lythographirten Tafeln). Bolagna, 1897.

36672 — De M. Bouquet de la Grye : *Note sur la décimalisation du temps et de la circonférence présentée au Congrès national de Géographie tenu à Lorient, par M. Bouquet de la Grye* (in-8° de 10 p.). Paris, Noizette et Cie, 1897.

36673 — De M. L. Salazar (M. de la S.) : *États-Unis Mexicains. Concours pour la formation d'un projet d'édifice destiné au Palais du Pouvoir législatif fédéral* (in-4° de 15 p. avec 1 pl.). Mexico, 1897.

36674 — De la Real Academia de ciencias y artes de Barcelona : *Pasado, Presente y Futuro del Puerto de Barcelona, Memoria por don José Ricart y Giralt* (in-8° de 18 p. avec 1 pl.). Madrid, 1897.

36675 — De l'American Institute of Electrical Engineers : *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Vol XIII, 1896. New-York City, 1897.*

36676 — De M. E. Rigolage (M. de la S.): *La sociologie par Auguste Comte. Résumé par Émile Rigolage* (Bibliothèque de philosophie contemporaine) (in-8° de xv-472 p.). Paris, Félix Alcan, 1897.

36677 — De M. Charles Didier: *Projet d'une Encyclopédie des sciences appliquées par Charles Didier* (in-8° de 36 p.). Bruxelles, 1897.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin, sont :

Comme Membre honoraire, M. :

N.-P. Petrow, présenté par MM. Lippmann, Rey, Badois.

Comme Membres sociétaires, MM. :

J. Beneyton,	présenté par MM.	Aurientis, Guigon-Bey, Lacazette.
A.-G. Bétourné,	—	M. de Grièges, H. de Grièges, Mazen.
E.-P. Cassiers,	—	Augé, Barade, Durand.
H. Dolter,	—	Fauquier, Léger, Guérin.
M. Duchesne,	—	Lippmann, Rey, Féolde.
F. Durand,	—	Lippmann, Neveu, Lippmann fils.

L.-B.-A. Étienne,	présenté par MM.	C. Bourdon, E. Bourdon, Compère.
Ph. Lazies,	—	Balas, Delmas, Pierron.
F. Le Cornec,	—	Lippmann, Neveu, Lippmann fils.
J.-F. Liernur,	—	Badois, Lesourd, Saillard.
W.-P. Liernur,	—	Badois, Lesourd, Saillard.
C.-L.-A. Ligny,	—	Bellet, H. Forest, Sartiaux.
J. Lopes d'Almeida,	—	Alvim, Teixeira Soares, de Dax.
P.-F.-G. Lugan,	—	Cartier, de Longraire, Nicolle.
N. Miliaressy,	—	Desroziers, Hillairet, Szarvady.
L.-J. de Nervo,	—	Jordan, Molinos, Pralon.
A.-R. Pechiney,	—	Buquet, Lippmann, Collin.
A.-A. Pernin,	—	Bougault, Lamaizière, Mesnard
H. Rolland,	—	Lippmann, Delmas, H. Vallot.
J.-J. Romann,	—	Caillet, Hillairet, Huguet.
B.-Ch. Rouhard,	—	Fortin, Pullès, Badois.
H.-G.-Ch. Serrin,	—	Forest, Perroud, Sartiaux.
H.-P.-F. Seymat,	—	Mocqueris, Valensi, Ferrière.
L. Solignac,	—	Compère, Moreau, Sartiaux.
E. Souchon,	—	Lippmann, Buquet, Collin.
E. Suisse,	—	Lippmann, Dumont, Guérin.
G. Ulmo,	—	Bloch, Carimantrand, Lévi.

Comme Membres associés, MM. :

Ch.-M. Denys,	présenté par MM.	Lippmann, Deullin, Moreau.
E.-L. Domange,	—	A. Domange, Krieg, Zivy.
H.-Ch. Domange,	—	A. Domange, Krieg, Zivy.
P. Fraenckel,	—	Bloch, Carimantrand, Lévi.
E. Herzog,	—	Bloch, Carimantrand, Lévi.
H.-C. Thirion,	—	Brulé, Centner, Frémont.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 JUIN 1897

Présidence de M. Ed. Lippmann, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président fait part des nominations suivantes de Membres de la Société dans les Sous-Comités départementaux de l'Exposition de 1900 :

Arrondissement	de Dôle	MM. Bolle-Besson.
—	de Commercy	Dillon.
—	de Reims	Lallement.
—	d'Argelès-Gazost	Francez et Medebielle.
—	de Lyon	Fauquier.
—	de St-Jean-de-Maurienne	Héroult.
—	de Melun	Joubert (Louis).

M. le Président dit que la Société doit voter sur l'admission comme Membre honoraire de M. Petrow, qui a été présenté aux deux séances précédentes.

Il rappelle que M. Petrow (Nicolas-Parlovitsch) est Lieutenant-Général du Génie russe; adjoint du Ministre des Voies de communication; professeur de mécanique ; Président de la Société Technique Impériale russe; membre honoraire de l'Académie des Sciences ; auteur de nombreux ouvrages techniques.

Il fait ensuite procéder à l'élection.

M. N.-P. Petrow est élu à l'unanimité.

M. le Président annonce que la Société a reçu avis d'une adjudication sur concours pour la construction d'un phare métallique de 50 m de hauteur et de dépendances sur l'île de Poulo-Canton, près Tourane (Annam).

Nul ne pourra se présenter au concours, s'il n'est Français. Les concurrents devront déposer leurs pièces avant le 20 septembre 1897, au Secrétariat général d'Hanoï.

Le programme et le cahier des charges pourront être consultés au Secrétariat de la Société, par les Membres intéressés.

M. le Président prévient que le prochain Meeting de l'Iron and Steel Institute aura lieu les 4, 5 et 6 août, à Cardiff.

M. le Président signale particulièrement parmi les ouvrages reçus :

Le Vignole des Mécaniciens, par M. Armengaud aîné ; 3e édition, entièrement refondue, avec de nombreuses additions ;

17e Rapport annuel de l'United States Geological Survey, sur les *Ressources minérales et la Production des métaux et du charbon aux États-Unis*.

M. le Président rappelle que l'ordre du jour comporte l'examen des deux questions qui ont été soumises à la Société, dans la séance précédente, et qui sont relatives : 1° à la décimalisation de l'heure ; 2° à la création d'un laboratoire d'essais des matériaux. Ces deux questions viennent d'être longuement examinées avant la séance par le Comité. Celui-ci a décidé que la première, celle de la décimalisation de l'heure, serait étudiée de nouveau par la Commission, et que la formule du vœu à émettre serait soumise aux Membres de la Société, dans une séance ultérieure.

Relativement au laboratoire d'essais des matériaux, le Comité, après discussions, s'est arrêté à une solution dont M. G. Dumont va entretenir la Société.

M. G. Dumont fait connaître que le Comité, après avoir entendu les explications complémentaires de M. A. Brüll sur le projet de vœu pour le laboratoire national d'essais, dont il avait, avec M. E. Polonceau, saisi le Bureau, a constaté qu'il était trop tard pour formuler une opinion sur la question telle qu'elle a été présentée.

Mais considérant que la création d'un laboratoire d'essais serait de la plus grande utilité pour l'industrie, le Comité propose de décider la nomination d'une Commission, pour l'étude des voies et moyens propres à assurer cette création dans le sens le plus favorable à ses véritables intérêts.

M. M. Svilokossitch demande que le rapport de M. G. Dumont, qui a été lu dans la dernière séance, soit inséré dans le *Bulletin*, pour que les membres qui n'ont pas assisté à la séance ainsi que ceux qui habitent la province ou l'étranger puissent en prendre connaissance.

M. le Président fait observer qu'il appartiendra à la Commission de faire usage de ce rapport et de le produire dans la mesure qu'il lui conviendra lorsqu'elle présentera son travail définitif à la Société.

M. M. Svilokossitch ne s'oppose pas à la nomination de la Commission d'autant qu'il a saisi, il y a plus de huit ans, la Société de la question de la création d'un laboratoire d'essai des matériaux. Il insiste pour que le rapport de M. G. Dumont soit inséré dans le *Bulletin*.

M. le Président explique qu'il ne peut en rien préjuger des déterminations de la Commission qu'il s'agit de faire tout d'abord nommer par l'assemblée.

M. G. Dumont répète que, comme il vient de le dire, les explications fournies par M. Brüll depuis la dernière séance ont complètement modifié la façon dont doit être posée la question. Le Comité est persuadé que la création d'un laboratoire d'essais est indispensable pour la petite industrie surtout; il demande donc à l'Assemblée d'adopter le principe de la nomination, par la Société, d'une Commission recrutée parmi ses membres, et chargée d'étudier dans quelles conditions un laboratoire d'essais sera appelé à rendre le maximum de services à l'industrie.

M. G. Richard demande par qui la Commission sera nommée.

M. le Président dit qu'il propose de renvoyer au Bureau la préparation d'une première liste de membres pouvant faire partie de la Commission; l'Assemblée sera appelée à approuver cette liste et à y ajouter de nouveaux noms.

M. le Président met donc aux voix la proposition de nommer une Commission ayant pour but de déterminer les conditions de création d'un laboratoire d'essais des matériaux capable de satisfaire aux besoins actuels de l'industrie.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

La parole est donnée à M. E. Badois pour la communication de son mémoire sur *les Réservoirs du Nil et l'analyse du projet de M. Baudot sur le barrage de Djebel-Silsileh.*

Le Bureau, en raison de l'éloignement de notre Collègue, qui réside au Caire, et de l'intérêt de son travail, a décidé de donner connaissance de celui-ci en séance publique. M. E. Badois s'est chargé de ce soin, mais il a reconnu l'opportunité, pour faire comprendre la valeur du projet à analyser, d'exposer auparavant quelques considérations générales sur l'Égypte, sur son fleuve et sur la question des réservoirs du Nil.

Si l'on se reporte à l'état ancien de l'Égypte et à ses origines, on reconnait au dire des historiens comme aux traces laissées par une civilisation très avancée, que la population et les territoires cultivés étaient, après la création du lac Mœris, il y a 4 500 ans, six ou sept fois au moins plus grands qu'au début du xixe siècle; aujourd'hui même, malgré les efforts tentés par Méhémet-Ali, le pays est fort loin de son antique splendeur. Feu M. de la Motte crut possible de faire revivre cet ancien état de prospérité, d'après l'étude qu'il fit en 1880 des modifications apportées par la suite des siècles au régime du Nil.

Le cours de ce fleuve a, en effet, une tendance à devenir de plus en plus torrentiel par le fait de l'exhaussement des rives en aval et de l'abaissement des seuils en amont; il en résulte, plus fréquemment qu'autrefois, des crues insuffisantes pour l'inondation bienfaisante, d'où la disette, ou au contraire des crues excessives qui sont alors désastreuses. Il faudrait régulariser ces inondations dans leur volume et leur hauteur.

D'autre part de nouvelles cultures, plus riches que celles dites *Chétoui* ou *Nili* qui se pratiquaient de tout temps en Égypte, ont été mises en honneur sous Méhémet-Ali, et surtout depuis l'introduction du coton Jumel; ce sont les cultures d'été, dites *Séfi*, maïs, riz, coton, canne à

sucre, indigo, qui exigent un arrosage permanent pendant la période d'étiage avant l'inondation annuelle. Il faut satisfaire à cette nécessité. Enfin, M. de la Motte voulait en même temps améliorer la navigation du Nil et obtenir une route de pénétration facile jusqu'au centre de l'Afrique, et profiter des travaux qu'il prévoyait pour créer des forces motrices considérables, utilisables par l'industrie.

Il créa la Société d'études du Nil pour tâcher de réaliser ce programme ; la solution entrevue consistait à relever les niveaux actuels par des barrages, et à constituer à la faveur de ces retenues des réservoirs capables d'emmagasiner les eaux surabondantes des crues, afin de les restituer au Nil, au moment propice, pour aider à l'augmentation d'une crue insuffisante.

M. E. Badois, avant de présenter plus en détails ces considérations, donne une description sommaire de la vallée du Nil, des trois grands lacs principaux qui donnent naissance à ce fleuve, et du parcours qu'il suit, en signalant les affluents, les cataractes, les plaines herbeuses et les marais immenses du Bahr-el-Zaraf (rivière des Girafes), la jonction à Khartoum du Nil Blanc et du Nil Bleu, qui se confondent en un seul tronçon, proprement dit le Nil, lequel ne reçoit plus alors qu'un seul affluent, l'Atbarra, à environ 2 000 *km* de ses embouchures. Le phénomène de la crue du Nil est ensuite expliqué et décrit en faisant mention des notions principales relatives à la montée des eaux et à leur décroissance, à leur volume, à leur pente, etc., soit au Caire, soit aux points intéressants du profil du fleuve.

Quelques indications sont données sur le système des irrigations en Égypte et sur les projets élaborés pour leur amélioration.

Tout concorde à la nécessité de remplir le programme d'aménagement des eaux du Nil indiqué plus haut. Tous les projets sont d'accord sur l'opportunité de la création des réservoirs dans le lit même du fleuve et sur le but principal à atteindre ; ils ne diffèrent que sur les emplacements, les dispositions des ouvrages et les moyens d'exécution.

L'orateur passe en revue l'avant-projet dressé en 1882 par feu L. Jacquet, Inspecteur général des Ponts et Chaussées de France, pour l'établissement d'un barrage-réservoir à Djebel-Silsileh, puis, successivement, ceux étudiés par les Ingénieurs du Gouvernement égyptien : M. Prompt, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, actuellement encore administrateur français des Chemins de fer égyptiens ; MM. Willcoks, colonel Ross et Sir Scott Moncrieff, Ingénieurs anglais, pour les emplacements d'Assouan, Kalabcha, Wadi-Halfa et Djebel-Silsileh.

Une Commission technique internationale fut réunie et consultée sur la valeur de ces projets et le choix à faire entre eux.

Elle se composait de Sir Benjamin Baker, Ingénieur anglais ; M. A. Boulé, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, français, et signor Giaccomo Torricelli, Ingénieur du gouvernement italien ; mais cette consultation n'a pas produit de résultat positif au point de vue technique et, depuis, des considérations politiques et diplomatiques ont dominé la question et l'ont fait ajourner.

Enfin, M. Badois présente l'analyse du projet de M. Baudot qui peut être considéré comme l'étude définitive de l'avant-projet Jacquet, à la

suite de nivellements plus étendus et plus précis des parties de la vallée en amont de Djebel-Silsileh. Il en fait ressortir les bases d'établissement qui lui paraissent très judicieuses, et la disposition ingénieuse adoptée pour éviter l'amoncellement des dépôts de limon à l'amont du barrage plein qui ferme le lit. Cette disposition consiste à faire traverser le mur par une série de dix tuyaux de 1,50 *m* de diamètre, espacés de 38 *m* d'axe en axe, par lesquels s'écouleront une partie des eaux du fleuve d'une manière permanente à raison de 200 m^3 au minimum et 400 m^3 au maximum, selon les variations relatives des niveaux d'amont et d'aval, ce qui empêchera la formation des dépôts en question. Le gros des eaux s'écoulera par des dérivations latérales munies d'ouvrages régulateurs, et une partie sera prélevée par un canal d'irrigation conçu déjà par Linant de Bellefonds-Bey, à concurrence de 400 m^3 par seconde, pour les arrosages d'été dans la haute et la moyenne Égypte jusqu'au Fayoum.

En résumé, le projet, tel qu'il est arrêté, permet d'effectuer une réserve de 3 850 millions de mètres cubes; il efface la cataracte d'Assouan, qui ne serait plus un obstacle à la navigation, et cependant il ne submerge pas l'île de Philœ, comme le faisait le barrage préconisé par les Ingénieurs anglais. Seule, la basse ville d'Assouan sera couverte par les eaux.

M. Badois indique pourquoi cette dernière objection n'est pas, suivant lui, un obstacle sérieux à l'adoption du projet. Il ne croit pas non plus qu'il soit très difficile d'évacuer, pendant l'exécution des travaux, les eaux de la crue ; il suffit de bien organiser le programme d'exécution. Enfin, d'accord avec M. Baudot, il prévoit que des sondages préalables seraient à faire dans le lit du Nil, pour reconnaître d'une manière exacte la nature et la solidité du rocher de fondation.

Tout compte fait, l'ouvrage paraît pouvoir se maintenir dans une dépense totale de 45 millions de francs, c'est-à-dire ce qu'a coûté l'Opéra de Paris, œuvre, dit l'orateur, qui n'a pas la prétention d'atteindre pour la France l'utilité primordiale que le réservoir de Djebel-Silsileh aurait pour l'Égypte, car cette création serait, en réalité, la réédification du lac Mœris, avec, en surplus, de nouveaux avantages.

M. le Président remercie M. Badois de son intéressante communication et croit être l'interprète de la Société en s'unissant au vœu qu'il vient d'exprimer pour que le travail si complet et si bien étudié de notre collègue, M. Baudot, aide à la solution prochaine de la question des réservoirs du Nil.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. J. Beneyton, A.-G. Bétourné, M. Duchesne, F. Durand, L.-B.-A. Étienne, Ph. Lazies, F. Le Cornec, C.-L.-A. Ligny, J. Lopes d'Almeida, P.-F.-G. Lugan, N. Miliaressy, L.-J.-M. de Nervo, H. Rolland, B.-Ch. Rouhard, H.-G.-Ch. Serrin, H.-P.-F. Seymat, L. Solignac, E. Suisse comme membres sociétaires.

Et MM. Ch.-M. Denys, E.-L. Domange, H.-Ch. Domange comme membres associés.

M. N.-P. Pétrow est nommé membre honoraire.

MM. E.-P. Cassiers, H. Dolter, J.-F. Liernur, W.-P. Liernur, A.-R. Pechiney, A.-A. Pernin, J.-J. Romann, E. Souchon, G. Ulmo sont reçus comme membres sociétaires.

Et MM. P. Fraenckel, E, Herzog, H.-C. Thirion comme membres associés.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

Le Secrétaire,
P. JANNETTAZ.

PROCÈS-VERBAL

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE SEMESTRIELLE

DU 18 JUIN 1897 (1).

PRÉSIDENCE DE M. Ed. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

La Société étant réunie en Assemblée générale conformément à l'article 16 des Statuts, pour entendre le compte rendu de la situation financière, M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT, Trésorier, pour la lecture de son rapport.

SITUATION AU 1er JUIN 1897

MESSIEURS,

Le nombre des Sociétaires au 1er décembre 1896, était de. . .	2 724
Du 1er décembre 1896 au 31 mai 1897, les admissions ont été de	280
formant un total de	3 004
dont il faut déduire par suite de décès, démissions et radiations.	35
Le total des membres de la Société au 31 mai 1897 est de. .	2 969

Il a par suite augmenté de 245 pendant le semestre.

Il importe avant tout de constater le nombre des membres nouveaux qui ont adhéré à notre Société depuis 6 mois. Il est de 280, chiffre supérieur de 150 environ à la moyenne d'une année entière depuis près de 10 ans, en exceptant toutefois 1896 pendant lequel il nous a été présenté 248 demandes.

Cette augmentation, nous l'espérons, n'en restera pas là. Elle est due aux efforts de tous nos Collègues, et je tiens à les remercier. Répondant à l'appel que notre Président nous a adressé dans l'intérêt général, chacun a cherché à recruter autour de lui les Ingénieurs, et ils sont nombreux malheureusement, qui ne font pas encore partie de la Société.

(1) Voir le compte rendu de la séance bimensuelle ordinaire, page 725.

Avant de passer à l'examen du Bilan, il y a lieu de faire la remarque suivante :

Les mémoires de nos entrepreneurs étant en cours de règlement, il ne nous a pas été possible de donner un chiffre absolument exact du montant des travaux effectués à ce jour. Mais nos évaluations se rapprochent beaucoup de la réalité, et il faut en outre remarquer que les modifications de ces comptes n'altéreraient point le résultat du bilan, puisque ces travaux sont d'une part portés à l'actif de l'immeuble et ont d'autre part leur contre-partie au passif à l'article des Créditeurs divers (entrepreneurs).

Examinons maintenant le Bilan :

A l'actif figurent :

1° Le fonds inaliénable . . . . Fr.	85 994,80
2° Les espèces en caisse	8 937,10
3° Les débiteurs divers	37 353,45
4° La souscription Flachat (compte d'ordre)	32 975,52
5° La bibliothèque	8 834,40
6° Le mobilier ancien	6 500 »
7° Les frais de premier établissement	15 985,34
8° L'immeuble nouveau	1 011 793,03
Total. . . . . . . Fr.	1 208 373,64

Les comptes 1 à 6 n'appellent aucune observation particulière.

Au n° 7, sous la rubrique « Frais de premier établissement », nous avons groupé les comptes de dépenses diverses qui, sans appartenir à la construction proprement dite, en sont cependant la conséquence directe et qui représentent 15 985,34 *f*.

Cette somme devra être amortie en une période de temps qu'il appartiendra au Comité de fixer.

Sous l'article 8 figure notre nouvel hôtel, y compris le terrain, les frais d'achat, les honoraires, etc., représentant au total au 31 mai 1897 une dépense de 1 011 793,03 *f*.

En vue d'une bonne administration, il y aura aussi à faire subir à ce compte un amortissement annuel qui sera fixé ultérieurement.

Le passif comprend :

1° Les créditeurs divers. . . . . Fr.	9 176,06
2° Les Prix divers échus ou en cours	6 699,05
3° Le monument Flachat (compte d'ordre).	32 975,52
4° L'emprunt.	500 000 »
5° Les coupons	13 119,61
6° Le fonds de secours.	300 »
7° Les frais de premier établissement	10 000 »
8° Les créditeurs sur immeuble nouveau	123 098,97
9° L'Avoir de la Société	513 004,43
Total. . . . . . . Fr.	1 208 373,64

Les articles 1, 2, 3, 4 et 6 du passif ne présentent rien de particulier.

A l'article 5, coupons, nous avons porté le montant du coupon n° 3

échéant le 1er juillet, défalcation faite des impôts payés déjà à l'enregistrement.

Sous la rubrique n° 7 figure le solde des sommes restant dues sur le compte de premier établissement dont nous avons parlé en examinant l'actif.

Enfin à l'article 8 figurent pour 123 098,97 *f* les sommes à payer sur les travaux exécutés à ce jour, sauf modification après règlement des mémoires, ainsi que nous l'avons dit en commençant.

L'Avoir de la Société au 31 mai 1897 se monte ainsi à Fr.	513 004,43
alors qu'au 1er décembre 1896 il était de	500 170,59
Il a donc augmenté de. . . . . Fr.	12 833,84
pendant les six premiers mois de l'exercice.	

Mais il faut remarquer que pendant cette période nous avons fait face à des dépenses assez considérables et qui sont dès à présent entièrement amorties, telles qu'une partie des frais de déménagement et d'installation déjà payés, des impressions supplémentaires dues au Congrès et à la brochure relative à l'hôtel, le tout dépassant 8 000 *f*.

De plus, nous avons inscrit au passif le coupon semestriel, soit 10 000 *f*. Cette dépense devra régulièrement figurer tous les six mois, mais il est bon de la rappeler.

Cet excellent résultat est dû, en partie, aux causes suivantes.

Le nombre de nos nouveaux adhérents ayant été plus considérable qu'à l'ordinaire, il en est résulté des encaissements de cotisations et de droits d'entrée plus élevés que la moyenne des années précédentes.

Mais ce sont surtout les locations de nos salles qui ont subi une progression considérable.

Depuis le mois de février dernier en effet, époque à laquelle nous avons pu commencer à louer nos salles pour des réunions diverses, nous avons réalisé 9 130 *f*, et nous en avons en cours dès à présent pour 2 660 *f*, soit au total 11 790 *f*.

Ce chiffre atteint en quatre à cinq mois d'exploitation est supérieur de plus de 2 840 *f* à celui obtenu pendant l'année tout entière dans notre ancien hôtel de la Cité Rougemont.

Ce résultat est des plus encourageants, et permet de bien augurer de l'avenir. Il n'est pas douteux que lorsque les modifications étudiées actuellement auront permis de transformer et terminer la salle, le montant de nos locations ne s'accroisse encore de beaucoup.

Je fais à ce sujet un chaleureux appel à tous nos Collègues, administrateurs de Sociétés ou organisateurs de réunions, pour leur demander de venir de préférence tenir dans nos salles leurs assemblées ou réunions diverses.

En terminant ce rapport, permettez-moi d'adresser tous les remerciements de la Société à MM. Ancora Lins de Vasconcellos, de Alvarenga Peixoto, Boileau, Grosdidier, Mestayer, Michon, Ramos da Silva et Vlasto qui ont bien voulu nous faire divers dons s'élevant ensemble à la somme de 904 *f*, allégeant ainsi d'autant les charges de notre exercice semestriel.

BILAN AU 31 MAI 1897

ACTIF

1° Fonds inaliénable :		
a. Legs Meyer (nue propriété) . . . . . . Fr.	10 000 »	
b. Legs Nozo 19 obligations du Midi	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0	3 730 »	
e. Fondation Coignet » »	4 285 »	
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
		85 994,80
2° Caisse :		
Solde disponible		8 937,10
3° Débiteurs divers :		
Cotisations 1896 et années antérieures (après réduction de 50 0/0) . . . . Fr.	3 618 »	
Locations restant à encaisser sur le semestre . . .	2 210 »	
Intérêts des obligations, banquiers et comptes de dépôt	31 525,45	
		37 353,45
4° Souscription Flachat (compte d'ordre) . Fr.		32 975,52
5° Bibliothèque :		
Livres, catalogues, etc. . . . . Fr.		8 834,40
6° Mobilier ancien . . . . Fr.		6 500 »
7° Frais de premier établissement :		
Frais d'aménagement, réparations, installation provisoire . . . . Fr.	9 022,55	
Fête d'inauguration	6 962,79	
		15 985,34
8° Immeuble nouveau :		
Terrain et frais . . . . Fr.	398 660,30	
Terrasse	10 613 »	
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	177 686 »	
Charpente, fer et bois	137 541,42	
Ascenseur, monte-charges plancher mobile . . .	20 055 »	
Canalisation, pavage et divers	9 017,56	
Couverture et plomberie	29 400 »	
Fumisterie	30 975 »	
Serrurerie	55 796,70	
Menuiserie, parquets	62 475 »	
Peinture, vitrerie	27 636 »	
Installation gaz et électricité, appareillage . . .	27 411 75	
Ameublement	24 525,80	
		1 011 793,03
Fr.		1 208 373,64

PASSIF

1° Créditeurs divers :		
Impressions, planches, croquis, frais de déménagement, divers . . . . Fr.		9 176,06
2° Prix divers 1897 et suivants :		
a. Prix Annuel . . . . Fr.	400 »	
b. Prix Nozo	957,60	
c. Prix Giffard 1899	4 502,05	
d. Prix Michel Alcan	306 »	
e. Prix Coignet	375 »	
f. Prix Couvreux	158,40	
		6 699,05
3° Monument Flachat (compte d'ordre) . . Fr.		32 975,52
4° Emprunt		500 000 »
5° Coupons :		
Nos 1 et 2. Échéance du 1er janvier 1897 . . Fr.	3 962,93	
N° 3. — 1er juillet 1897	9 156,68	
		13 119,61
6° Fonds de secours		300 »
7° Frais de premier établissement :		
Frais d'aménagement, réparations et installation provisoire . . . . Fr.	6 000 »	
Fête d'inauguration	4 000 »	
		10 000 »
8° Immeuble nouveau :		
Maçonnerie, sculpture, marbrerie . . . . . Fr.	33 200 »	
Charpente, fer et bois	29 791,87	
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile . . .	7 100 »	
Canalisation, pavage, divers	1 434,25	
Couverture et plomberie	7 400 »	
Fumisterie	7 000 »	
Serrurerie	12 115 »	
Menuiserie, parquets	12 200 »	
Peinture, vitrerie	3 500 »	
Installation gaz et électricité, appareillage . . .	3 200 »	
Ameublement	274,75	
Honoraires	5 883,10	
		123 098,97
Fr.		695 369,21
Avoir de la Société		513 004,43
Fr.		1 208 373,64

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président est certain de devancer les désirs de la Société en lui proposant de voter des remerciements à son distingué Trésorier, M. de Chasseloup-Laubat, pour le zèle et le dévouement avec lesquels il a rempli sa mission.

Ces remerciements sont votés par *acclamation.*

M. le Président dit que sans vouloir revenir sur les chiffres présentés par M. le Trésorier, chiffres qui sont très encourageants, il désire appeler l'attention de l'Assemblée sur un point particulier : celui du nombre des membres de la Société. On vient de voir dans le rapport de M. de Chasseloup-Laubat que ce nombre était au 31 mai 1897 de 2 969; ce soir il est de 3 001. Ce nombre de 3 000, qui était notre objectif depuis plusieurs années, est donc atteint. M. le Président, en posant la première unité du quatrième mille, espère que celui-ci sera rapidement complété. Il a été pour sa part surpris de voir avec quelle facilité peut se faire le recrutement de nouveaux membres. Il a vu, quand il leur a demandé leur adhésion, de nombreux Ingénieurs s'étonner eux-mêmes de ne pas faire partie encore de la Société, les uns uniquement parce que l'occasion de se faire inscrire ne s'était pas présentée, les autres parce que la demande ne leur en avait pas été faite, les jeunes par crainte de l'article 7, dont l'application a cessé depuis plusieurs années d'être obligatoire.

M. le Président, devançant la publication du prochain Bulletin, emprunte à la Chronique de M. Mallet quelques-uns des renseignements intéressants qui y sont réunis relativement à l'Association des Ingénieurs allemands; elle compte 11 500 membres et reçoit chaque année 600 à 700 nouveaux adhérents.

Les recettes de cette Société, pendant l'année 1896, se sont élevées à 605 000 *f*; les dépenses à 575 000 *f*, laissant ainsi un excédent de recettes de 30 000 *f*.

M. le Président espère que la Société en ajoutant aux cotisations les locations de salles, les legs à recouvrer et à venir, les dons qui lui sont faits chaque année, arrivera à réaliser pour son nouvel hôtel ce qui a déjà eu lieu pour celui de la cité Rougemont.

Ce dernier a été construit en 1872; son amortissement a été commencé en 1877, et on pensait qu'il serait terminé en 1892; or, dans l'Assemblée générale de juin 1885, la Société a eu le plaisir d'apprendre qu'elle avait la propriété absolue de son hôtel. En se basant sur les chiffres obtenus cette année, M. le Président pense qu'il peut dire, sans être taxé d'exagération, que dans une quinzaine d'années la Société sera propriétaire de son hôtel, dégrevé de toutes charges, et aura un revenu brut de plus de 200 000 *f*.

M. le Président demande aux membres de la Société de s'associer à son souhait, et de lui continuer leur concours aussi activement que possible, pour augmenter le nombre des adhérents. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT rappelle que dans l'Assemblée générale semestrielle doivent être proclamés les lauréats du Prix Annuel et du Prix Nozo. Il a le plaisir de faire connaitre que le *Prix Annuel* a été attribué à l'unanimité des suffrages du Jury à M. Ch. Frémont pour son mémoire sur *Le cisaillement et le poinçonnage des métaux*. Il est persuadé que tous les membres de la Société applaudiront à ce choix qui a été déjà approuvé par les spécialistes. Le mémoire de M. Frémont a été couronné l'an dernier par l'Académie des Sciences; mais notre Collègue en avait réservé la primeur à la Société; c'est une œuvre personnelle, d'un grand intérêt pour tous ceux qui produisent ou qui façonnent les métaux. *(Vifs applaudissements.)*

M. le Président remet la médaille d'or du Prix Annuel à M. Frémont qui remercie. *(Nouveaux applaudissements.)*

M. le Président annonce ensuite que le *Prix Nozo* a été attribué à l'unanimité des suffrages du Jury à M. L. de Chasseloup-Laubat, pour l'ensemble de ses travaux et notamment ceux relatifs à l'art naval. C'est là un sujet qui n'avait pas encore pris dans la Société la place importante qu'il mérite. M. de Chasseloup-Laubat s'est tracé la tâche d'en étudier certains points des plus importants; il a apporté à ces études comme à toutes les tâches qui lui sont demandées ou qu'il s'impose volontairement le labeur le plus scrupuleux. Aussi M. le Président pense-t-il que tous les membres de la Société s'associeront à ses félicitations. *(Applaudissements répétés.)*

M. le Président remet la médaille d'or du Prix Nozo à M. de Chasseloup-Laubat qui remercie, et dit que c'est pour lui un encouragement à entreprendre de nouveaux travaux. *(Nouveaux applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT prévient qu'il a été saisi par plusieurs Collègues d'une proposition relative *au mode d'élection des membres du Comité*. Il rappelle qu'en quittant le fauteuil présidentiel, M. MOLINOS s'était, à ce sujet, exprimé ainsi :

« Le paragraphe 2 de l'article 20 est ainsi conçu :

« Les Vice-Présidents, les Secrétaires et les Membres du Comité ne sont rééligibles que pendant quatre années consécutives. »

« Je vous propose de rayer de ce paragraphe les mots « et les Membres du Comité », et d'ajouter les deux paragraphes suivants :

« Les Membres du Comité sont élus pour quatre ans. Le Comité se renouvelle annuellement par quart, à raison de six membres sortants chaque année. Pour établir le roulement, il sera pour la première fois tiré au sort.

» Dans le cas où par suite de décès, démission ou toute autre cause, un membre du Comité vient à disparaître en cours d'exercice, le membre élu en remplacement reste soumis aux obligations de celui qu'il remplace, de façon que le nombre des membres sortants soit toujours de six par année. Tout membre sortant du Comité ne pourra se représenter en la même qualité qu'après un délai d'un an. »

M. le Président rappelle que pour que cette proposition soit prise en considération et soumise au vote d'une Assemblée générale, il est nécessaire de la faire examiner par une Commission. Le Comité a proposé

de composer cette Commission de MM. Lippmann, Molinos, Buquet, Mallet, Simon et Carimantrand.

M. le Président, après avoir demandé s'il y a quelque observation à ce sujet propose de voter telle qu'il vient de la lire, la nomination de la Commission. *Adopté.*

La séance de l'Assemblée générale est levée.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 JUIN 1897

PRÉSIDENCE DE M. ÉD. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer la mort de M. H. Remaury et prononce l'allocution suivante :

« Nous avons eu ce matin la douleur de rendre les derniers devoirs à l'un de nos membres les plus estimés, Henry Remaury, qui faisait partie de la Société depuis 1875.

Sorti de l'École des Mines en 1857, il a fait sa brillante carrière de métallurgiste chez MM. Dupont et Dreyfus, aux Forges d'Ars-sur-Moselle dont il devint rapidement le Directeur général. Il était là au moment de nos désastres de 1870. Très en vedette par sa situation, il fut suspect à l'ennemi qui le garda prisonnier pendant plus de trois semaines, et la révolte de son patriotisme faillit lui coûter la vie. Après la guerre il construisit tout d'une pièce sur territoire français le grand établissement métallurgique de Pompée où MM. Dupont et Dreyfus transportèrent leur industrie, et c'est comme Ingénieur-Directeur de ces grandes usines qu'il fut décoré de la Légion d'honneur en 1878.

Il vint peu après se fixer à Paris où il commença par être attaché au Crédit Lyonnais comme Ingénieur technique; une notice biographique plus complète suivra notre regretté Collègue dans les nombreux travaux de toute nature auxquels il s'est livré et dans les diverses créations industrielles qui lui sont dues.

Ici, il tenait l'une des premières places dans la section métallurgiste; en 1890 il a été lauréat de notre prix annuel, pour son mémoire sur les *Ressources minérales et sidérurgiques de Meurthe-et-Moselle;* il a fait partie de notre Comité en 1894-95, et nous avons entendu, avec le plus grand intérêt, ses nombreuses communications et les discussions auxquelles il aimait à prendre une part bien active sur la métallurgie, sur les mines et sur l'économie sociale.

On peut dire de Remaury qu'il personnifiait l'Ingénieur civil; du reste, il fut l'un des fondateurs de la Grande Revue technique, à la

fortune de laquelle il n'a cessé de travailler énergiquement jusqu'à sa dernière heure. Pour nous qui avons eu la vive satisfaction d'être là l'un de ses fidèles collaborateurs, pendant plus de dix ans, nous pouvons rendre un hommage sincère aux grandes qualités qui le distinguaient entre tous, qui l'ont fait maintenir pendant de longues années à la Présidence du Conseil d'administration de la Société du journal *le Génie Civil*, présidence qu'il n'a quittée volontairement que naguère, quand il s'est senti atteint déjà par la cruelle maladie à laquelle il vient de succomber.

Sa mort va laisser un grand vide dans les rangs de notre Société, mais personne n'oubliera jamais le mérite, le talent et la grande sociabilité du cher Collègue dont nous déplorons le départ éternel. Nous souhaitons que les témoignages unanimes d'estime et de sympathie qui vont faire escorte à son souvenir, apportent quelque adoucissement à la grande douleur de sa très malheureuse famille à laquelle nous adressons d'ici nos bien sincères condoléances. » *(Approbation unanime.)*

M. le Président a le plaisir d'annoncer que M. E. Carez, membre correspondant de la Société pour la région de l'Aisne, a été nommé officier d'Académie et membre du Sous-Comité départemental de l'Exposition de 1900 pour l'arrondissement de Saint-Quentin.

M. le Président dit qu'il a été informé par M. l'Ingénieur en Chef Debray, membre du Comité directeur de l'Association internationale pour l'essai des matériaux que le prochain Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux de construction, aura lieu à Stockholm, les 23, 24 et 25 août 1897.

La Société a délégué au Congrès de Zurich, en 1895, MM. L. Baclé, N. Belelubski, A. Brüll, E. Candlot, G. Guillemin, F. Osmond, E. Polonceau, A. Pourcel, M. Svilokossitch.

M. le Président propose de prier nos Collègues de représenter de nouveau la Société cette année au Congrès de Stockholm. *(Adopté.)*

M. le Président a été informé d'un Concours, organisé par les États-Unis américains, pour un projet d'édifice destiné au palais du Pouvoir législatif fédéral. La notice relative à ce concours est déposée au Secrétariat de la Société.

L'ordre du jour appelle la communication de M. A. Brüll sur un *Procédé mécanique de compression du sol, de M. Dulac.*

M. A. Brüll dit que lorsque M. le Président l'a prié de présenter le procédé de fondation inventé par M. Louis Dulac, il a saisi avec empressement cette occasion de rappeler au bienveillant souvenir de ses Collègues cet inventeur fertile et ingénieux, ce chercheur si consciencieux et si persévérant, qui a fait partie de la Société dix-huit années et qu'une mort prématurée a brusquement arraché à ses travaux au moment où le succès venait enfin récompenser ses courageux efforts.

Il y a deux ans environ, Dulac voulut établir un atelier de construction mécanique pour l'exécution des différents appareils de son invention. Il fit choix d'un terrain, situé près de l'enceinte de Paris, à Mon-

treuil-sous-Bois, rue Voltaire, n° 8. Ce terrain était offert en vente à un prix modéré, très inférieur aux prix habituels du voisinage, parce qu'une grande partie de la superficie avait servi de décharge publique et se composait ainsi, jusqu'à une profondeur variant de 8 à 16 *m*, de remblais de toute origine et de toute composition.

Il n'était pas facile d'édifier sur un pareil terrain avec sécurité et avec économie des constructions assez lourdes couvrant une surface totale de 3 000 m^2, parmi lesquelles figuraient des murs de 12 *m* d'élévation assez fortement chargés, des massifs de machines et une cheminée en briques de 30 *m* de hauteur. De plus, un pavillon en façade sur la rue devait reposer en partie sur le sol vierge et en partie sur le remblai suspect. Ces mêmes conditions avaient été fatales à certaines constructions voisines qui présentaient d'importantes lézardes.

Ces difficultés, qui auraient rebuté plus d'un constructeur, étaient pour attirer, au contraire, notre inventif Collègue. Elles l'amenèrent à combiner un moyen simple et peu coûteux pour comprimer ce sol de faible consistance. Le procédé réussit à souhait et les constructions achevées depuis plus d'une année ne montrent, aujourd'hui, aucune trace de tassement.

Ce succès a vivement excité l'intérêt, et nos jeunes Collègues, MM. A.-Ch. Dulac et L.-M. Dulac, qu'on a vus avec plaisir prendre en mains l'œuvre de leur père, ont pu déjà, avec la collaboration de M. Ducloux, réaliser d'autres applications du nouveau procédé.

Avant de décrire celui-ci, M. Brüll rappelle rapidement les moyens dont on dispose actuellement pour construire sur les terrains inconsistants.

Tantôt on se propose d'asseoir l'édifice sur la roche ou sur le terrain résistant en traversant toute l'épaisseur des couches compressibles, tantôt on se contente d'intéresser une grande surface et une forte épaisseur du sol de faible résistance sans chercher à en atteindre le fond.

Le moyen le plus usité consiste à battre des pieux à la sonnette, puis à en relier les têtes par des moises et par une couche de béton. C'est ainsi qu'en Hollande, par exemple, des villes entières sont édifiées sur pilotis.

Souvent encore, et notamment à Paris, on creuse une série de puits dans lesquels on élève des piles de maçonnerie ou de béton que l'on relie ensuite, soit sur toute leur hauteur par des murs, soit à leur sommet par des arcs de voûtes, sur lesquels on établit les fondations.

Quelquefois, on traverse toutes les couches compressibles à l'aide de cloches à air comprimé.

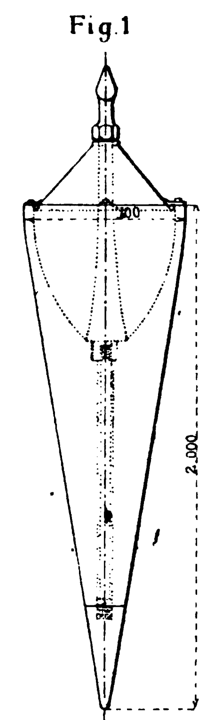
D'autre part, MM. Stœcklin et Vétillart, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, ont foncé des pieux en 1877, au port de Calais, par injection d'eau sous pression près du sabot. Ce procédé employé dans plusieurs travaux depuis cette époque, a été étendu en 1890, pour la construction de murs de quai, dans le nouveau port de Calais, au fonçage de blocs de maçonnerie de 8 *m* sur 8 *m* qu'on a pu descendre ainsi à 11 *m* de profondeur (1).

(1) Mémoires et Comptes Rendus des Travaux de la Société des Ingénieurs Civils de France. 2e semestre 1890, p. 582.

Les plates-formes en fascines lestées de pierres dont les Ingénieurs hollandais se servent avec tant de succès, les couches croisées de fortes pièces de bois et aussi de rails sur lesquelles on édifie les maisons à 15 et 20 étages de Chicago, sont des exemples de fondations étalées où l'on obtient la résistance d'un sol inconsistant et même vaseux par l'augmentation de la surface d'appui.

M. Brüll dit que, bien que cette énumération soit sans doute incomplète, il semble qu'aucun des systèmes existants ne comporte la consolidation dans sa masse du terrain inconsistant.

Or, ce qui caractérise le procédé Dulac, c'est la compression sur une surface étendue et à une profondeur allant jusqu'à 14 *m*, de la masse même du terrain. Il comporte de plus l'établissement de place en place de piles en matériaux durs ou en béton pour servir à l'assiette des fondations.



Cette compression du terrain mou est obtenue par le fonçage d'une ou plusieurs files de puits ronds d'environ 0,80 *m* de diamètre, espacés de 1,50 *m* ou 2 *m* d'axe en axe, et par l'incrustation plus ou moins profonde dans les parois des puits et à leur base de divers matériaux, tels que des escarbilles, des moellons, des débris de pavés ou de briques.

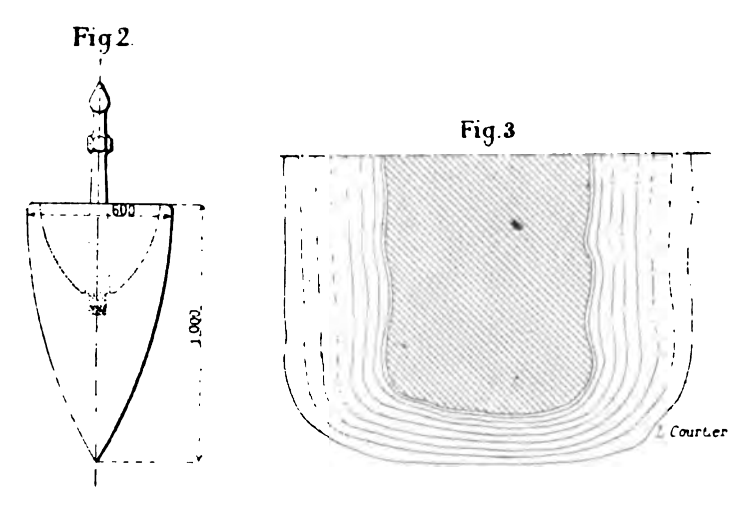
Pour foncer les puits, on se sert d'un mouton conique de 1 500 *kg* (*fig. 1*) tombant sans guidage de 10 à 12 *m* de hauteur. La manœuvre se fait à l'aide d'une sonnette à vapeur montée sur une plate-forme. Ce truc se déplace sur une large voie établie parallèlement à la ligne des puits à forer.

Cette sorte de trépan perforateur est en fonte et présente la forme d'un cône très effilé; il est garni d'une pointe en acier et creusé en haut d'un évidement suffisant pour lui donner la stabilité voulue pendant sa chute. Il est muni d'une tige de suspension terminée par une tête en forme de toupie.

A l'extrémité de la chaine mouflée du treuil de la sonnette est attaché un lourd déclic à trois branches articulées. Ce déclic est disposé de façon à venir coiffer automatiquement, lorsqu'il descend, la tête de la tige du mouton. Dès que le treuil tire sur la chaine et soulève le déclic, celui-ci enserre cette tête entre ses trois mâchoires par l'effet même du poids du trépan. Le mouton s'élève jusqu'à ce que les branches supérieures du déclic pénètrent dans un collier en forme de gorge placé en un point quelconque des montants de la sonnette. Les branches supérieures se rapprochent, ce qui fait écarter les branches inférieures. Le mouton, abandonné à lui-même, sans impulsion latérale appréciable, tombe librement et bien droit; il pénètre par sa pointe aiguë de 0,40 *m* et quelquefois davantage dans le fond du puits. On laisse aussitôt descendre la chaine sous l'action du poids du déclic qui vient de nouveau saisir le trépan. Avec ce système de sondage, on fore ordinairement un puits d'une douzaine de mètres de profondeur en cinq heures.

Le forage comprime le terrain autour du trou et lui donne déjà une consistance telle qu'un trou ainsi percé dans un remblai récent conserve, sans baisse du niveau l'eau qu'on y introduit.

On substitue alors au mouton conique un mouton du poids de 1 000 *kg* ayant la forme d'un obus (*fig. 2*). On jette dans le puits les



matériaux de bourrage en procédant par couches de 40 à 50 *cm* d'épaisseur. On verse quelquefois par-dessus un lait de chaux hydraulique ou du ciment, ou bien encore on y envoie un béton complet, fabriqué à l'avance. On pilonne la couche à coups de mouton.

Ces chocs énergiques du mouton ogival chassent les matières de bourrage vers le fond et dans les parois latérales ; elles s'y étendent en se recouvrant et s'imbriquant en une masse de section à peu près circulaire dont le diamètre dépasse aisément d'une quarantaine de centimètres le diamètre du puits (*fig. 3*). On s'attache à garnir plus copieusement la partie inférieure du trou, de façon à former au pied de la pile un renflement ou embase qui favorise sa résistance aux charges verticales.

Fig. 4

L'introduction dans le terrain qui entoure le trou de matériaux durs plus ou moins liés en augmente encore la compacité. Cette action s'étend à une section assez grande et, dans ce terrain affermi, la colonne de remblai pierreux ou de béton trouve un bon appui contre les efforts latéraux.

Le battage se termine avec un mouton tronconique de 1 000 *kg* (*fig. 4*). En mesurant l'enfoncement de ce pilon pour une volée de coups, on peut prendre une idée de la résistance qu'on a obtenue et juger si elle est suffisante en raison des charges de la construction projetée. Cette sorte d'épreuve peut être faite au début et fournir ainsi, en quelque sorte, la mesure de l'efficacité du procédé. Quand ce

pilon de 1 000 *kg* a pu ainsi tomber de 10 *m* de hauteur, plusieurs fois de suite, sur une même surface d'environ 3 000 cm^2, sans produire d'affaissement sensible, il est certain qu'on a réalisé en ce point une résistance satisfaisante.

Suivant la nature du terrain et suivant le but à atteindre, on varie le mode d'application du procédé.

C'est ainsi qu'on rapproche plus ou moins les puits jusqu'à les rendre presque contigus dans certaines places spéciales. On relie alors les têtes des piles par un chapeau en béton sur lequel on peut faire reposer sans crainte des charges considérables.

Par contre, si on n'a pas besoin d'une très grande résistance, on ne cherche pas à atteindre le terrain ferme ou rocheux et on se borne à comprimer le sol sur 1,50 ou 2 *m* d'épaisseur. On n'a pas recours, dans ce cas, au perforateur conique. On se contente du mouton ogival de 1 000 *kg* qui suffit à foncer une série de trous peu profonds et à les bourrer plus ou moins abondamment de matériaux appropriés.

Dans les terrains fluents, le pilon conique s'enfoncerait trop avant et risquerait de disparaître. On emploie alors le pilon ogival en réduisant à 4 *m*, par exemple, la hauteur de chute; on bourre par petites parties avec du mâchefer en poudre mélangé de ciment prompt, ce qui constitue des parois solides au fur et à mesure de l'avancement. On a réussi de la sorte à foncer jusqu'au bon sol qui a été atteint à 7 ou 8 *m* de profondeur.

De même, à l'aide d'ingénieux moyens de détail, on a pu traverser et consolider par des piles en béton des terrains détrempés sur 3 et 4 *m* d'épaisseur.

Un banc de terre glaise oppose au procédé de grandes difficultés. Le trépan conique traverserait bien une couche incompressible de 1 *m* d'épaisseur, l'argile, chassée par le cône du perforateur, s'échappant dans les couches supérieure et inférieure qu'elle comprime, mais pour une épaisseur de 3 *m*, par exemple, le trépan ne pourrait pas la traverser et il faudrait recourir à quelque autre moyen pour franchir un obstacle de ce genre, quitte à reprendre ensuite l'emploi du trépan.

M. Brüll a dit déjà que la première application de la compression mécanique du sol a été faite à Montreuil. Le terrain vierge offrait une résistance variant entre 3 et 7 *kg* par centimètre carré; les remblais de décharge ne donnaient que 300 ou 400 *g*. Sur le sol naturel on pratiqua un battage léger à l'aide duquel on lui incorpora 0,250 m^3 de mâchefer par mètre carré. Dans le remblai, on fora des trous de 2 *m* de profondeur qui absorbèrent 2 m^3 de matériaux par mètre carré. On réalisa ainsi dans tous les points une résistance suffisante pour qu'on ait pu y élever avec succès diverses constructions qui chargent le sol de 4 *kg* par centimètre carré.

Le procédé a été employé ensuite rue de la Roquette, n° 33, à l'emplacement des anciens fossés de la Bastille, sur des remblais sans consistance. Au premier coup, le mouton a projeté à plus de 10 *m* de hauteur une vase noire presque liquide et s'est enfoncé bien au-dessous du niveau du sol. On a réussi néanmoins à comprimer ce terrain difficile et on a pu construire à cet endroit des magasins de quincaillerie à quatre

étages, dont le poids est évalué à 8 *kg* environ par centimètre carré.

MM. Dulac ont travaillé récemment 97, quai d'Orsay ; ils ont préparé le terrain pour la construction du bâtiment d'administratiou de l'Exposition universelle de 1900, près du pont de l'Alma. On élève en ce moment le bâtiment qui chargera le sol d'environ 4 *kg* par centimètre carré.

Enfin, ces messieurs commencent en ce moment la compression d'un terrain situé quai Michelet, à Levallois-Perret, en vue de l'établissement de la grande usine des cycles Clément. Ceux d'entre vous qui s'intéressent à cette question pourront y voir exécuter les curieuses opérations de la consolidation du sol.

MM. Dulac ont observé que les coups de pilon les plus forts n'ébranlent pas le sol à une grande distance. Des constructions anciennes et peu solides ne paraissent avoir souffert aucun préjudice par suite du battage du terrain dans leur voisinage immédiat.

M. Brüll considère qu'il serait prématuré d'étudier actuellement le procédé sous son aspect économique : les dépenses qu'exige la compression mécanique du terrain varient naturellement beaucoup suivant les circonstances spéciales et, en particulier, d'après le degré de résistance auquel on veut parvenir. Il se borne à dire que MM. Dulac estiment que leur procédé présente, en général, une économie notable par rapport au procédé des puits creusés à la main et remplis de béton, ou encore par rapport à l'emploi des pilotis.

M. Brüll espère qu'on considérera avec lui le procédé ingénieux et original de compression mécanique du sol comme une contribution utile à l'art de construire. Cette invention fait honneur au Collègue dont la Société regrette la perte ; on peut souhaiter que ses fils en fassent avec succès de nombreuses applications.

M. L. Rey demande si les pilons, en tombant d'une hauteur de 10 *m*, ne compriment pas l'air des puits et si la vitesse de leur chute n'est pas diminuée.

M. A. Brüll répond qu'il y a toujours un évasement notable des trous par où l'air peut s'échapper librement.

M. L. Rey demande ensuite si l'on peut, sans inconvénient, rapprocher les puits au point d'être tangents. Il rappelle que, quand on enfonce des pieux trop près les uns des autres, les derniers enfoncés dévient les premiers. N'y a-t-il pas à craindre que des puits trop rapprochés ne s'infléchissent réciproquement et que la verticalité de ces colonnes de 10 *m* de haut et de 0,80 *m* de diamètre ne persiste pas ?

M. A. Brüll, dit qu'on a fait à Montreuil, des puits très rapprochés sans constater de déviation. La masse tombant de très haut et très droit, par suite de la construction même de l'appareil, ne peut être déviée que par des pierres.

M. H. Couriot est d'avis que le procédé Dulac peut être efficacement employé pour consolider des terrains compressibles et non ébouleux, mais il émet des doutes sur la possibilité de l'utiliser dans les sables boulants ou dans les terrains fluents.

Le procédé comprend en effet deux phases; dans la première on exécute

une sorte de trou de sonde par compression du terrain; dans la seconde, on refoule dans les parois du puits ainsi obtenu des matériaux résistants qui sont chassés par le battage d'un pilon présentant un profil convenable.

Dans les deux périodes du travail : sondage et refoulement, il est nécessaire que les parois du puits se maintiennent verticales sur des hauteurs de 10 à 15 mètres dont il a été question, ce qui ne lui paraît pas réalisable sans tubage, pour les terrains coulants notamment, où l'eau tend à reprendre rapidement son niveau hydrostatique en entraînant les sables, boues et matériaux inconsistants auxquels elle se trouve mélangée, comblant ainsi le vide formé par le trépan-pilon, aussitôt celui-ci sorti du sondage. Il fait appel sur ce point à l'expérience bien connue en matière de sondage, de M. le Président de la Société.

M. Couriot ajoute que dans la seconde période, celle du refoulement des matériaux consistants dans le terrain, la présence d'un tubage servant de revêtement au sondage, s'opposerait à la pénétration de ces matériaux dans le terrain ou compliquerait notablement l'opération, car il faudrait soulever progressivement le tubage pour permettre d'effectuer le refoulement et la compression des matériaux en dessous et de bas en haut, sur toute la hauteur du puits.

Dans ces conditions, M. Couriot demande si quelque application du procédé Dulac a été faite dans des terrains franchement coulants et à quel artifice il a fallu recourir dans ce cas, pour surmonter les obstacles qu'on a dû rencontrer dans son emploi au sein de ces terrains qui offrent des difficultés d'une nature toute particulière.

M. A. Brüll dit que dans les terrains très fluents des fossés de la Bastille, on a dû en effet, après être arrivé à une petite profondeur, introduire dans la cavité des escarbilles en poudre, du sable et du ciment de façon à faire une sorte de tubage provisoire.

M. le Président demande si lorsque le tubage factice est fait, il n'y a pas à craindre qu'il n'éboule sous le choc de l'outil.

M. A. Brüll répond qu'une seule fois, l'outil s'est enfoncé de façon que l'olive qui sert à le remonter était à 0,60 *m* au-dessous de la surface; on a d'ailleurs pu la dégager assez facilement.

M. L.-M. Dulac n'a rien à ajouter aux explications si complètes de M. Brüll; mais il désire inviter les membres de la Société à visiter les travaux de Levallois-Perret.

M. le Président remercie M. Brüll de sa communication; il félicite M. Dulac d'avoir trouvé un interprète aussi clair et aussi compétent, pour exposer devant la Société le système qu'a inventé leur père.

M. Ch. Desbrochers des Loges a la parole pour sa communication sur les *Ordures des villes et leur traitement par la vapeur d'eau.*

M. Ch. Desbrochers des Loges définit ce qu'on entend par ordures de villes (dénommées en France *gadoues*, en Angleterre *refuse*, aux États-Unis *garbage*), et parle succinctement de leur enlèvement tel qu'il est effectué aujourd'hui à Paris. Il montre que ce travail, tout en devenant

de plus en plus onéreux pour les municipalités, présente actuellement des inconvénients si grands, qu'on se préoccupe fort, non sans raison, des traitements à faire subir aux immondices.

Jusqu'à ce jour, en France, la gadoue était utilisée comme fumure des terres ; mais pour cela, il fallait amasser de grands stocks d'ordures, les matières ne pouvant toutes être utilisées, aussitôt leur enlèvement, pour l'agriculture ; et c'est là, certes, un grave inconvénient pour l'hygiène. Si la gadoue peut être considérée, grâce à ses principes fertilisants, par les théoriciens, comme assez bon engrais, les nombreux reproches que lui adressent en pratique, les agriculteurs, font que ces matières sont de plus en plus délaissées comme fumure des terres, surtout depuis le bon marché des engrais artificiels. Alors que faire des ordures des villes ?

M. Ch. Desbrochers des Loges examine donc rapidement les divers procédés de traitement des immondices appliqués ou proposés depuis quelques années seulement, tant en France qu'à l'étranger.

Parmi ces méthodes qui toutes ont pour objet l'utilisation au moins partielle des ordures, une seule lui paraît réellement satisfaisante, au moins en Angleterre où les immondices sont très riches en combustible ; c'est le traitement par incinération. Dans ce pays, en effet, les ordures sont facilement auto-comburantes, et les températures très élevées qu'on obtient pour la combustion permettent d'utiliser avantageusement les gaz à la production de vapeur.

M. Desbrochers des Loges dit quelques mots des autres procédés : Weil et Posno, Defosse et Hélouis, Simonin, Merz, Sincholle et Echenoz, Tenin et Serrin. Au sujet de l'usine de MM. Tenin et Serrin qui vient d'être installée à Saint-Ouen-les-Docks en vue du broyage des gadoues, il émet la crainte qu'on ne puisse trouver en toutes saisons l'écoulement des matières broyées. Puis il parle de l'*Arnold System*, appliqué avec avantage à Philadelphie, depuis deux années. Tout en indiquant que ce procédé consiste à traiter les ordures de villes par de la vapeur d'eau sous pression, il est fait une description sommaire de l'usine de Philadelphie. M. Ch. Desbrochers des Loges passe en revue les opérations successives effectuées sur le garbage vert américain ; les produits vendables et extraits après traitement, se composent de 4 0/0 de graisses, (les immondices en Amérique étant très riches en matières grasses), et de 15 0/0 seulement d'engrais solide recherché ou *tankage*, le garbage étant très chargé d'eau, par suite de sa pauvreté en cendres.

Le traitement par le procédé Arnold qui a donné entière satisfaction à Philadelphie, est également appliqué à New-York, depuis une année, étant aussi à l'étude pour plusieurs grandes cités américaines.

M. Ch. Desbrochers des Loges arrive enfin à son étude des essais qui viennent d'être faits, en France, tout récemment, par M. Le Blanc. Les expériences ont tout d'abord été effectuées, suivant le procédé Arnold, les ordures étant traitées par de la vapeur stagnante sous pression, dans un autoclave fixe, les matières étant au repos. Si les opérations ont été longues, afin de permettre à la vapeur de bien pénétrer toute la masse, les résultats de cuisson ont cependant fini par être satisfaisants.

C'est ainsi qu'on a obtenu, après pression des solides, un liquide d'où

il pouvait être extrait 2 0/00 de graisse, l'engrais donnant d'autre part une proportion de 45 0/0 du poids de la masse traitée.

Tout en donnant les résultats des analyses, tant des produits solides que liquides, fournis par la coction, M. Ch. Desbrochers des Loges fait une comparaison entre le tankage américain et l'engrais français, en accordant l'avantage au produit étranger qui, par sa concentration, se prête mieux à la vente et au transport.

Cependant, après une étude financière établie d'après les résultats fournis par les essais faits à Paris, M. Ch. Desbrochers des Loges en déduit comme corollaire la remarque suivante, sur l'importance de laquelle il attire l'attention de ses Collègues : « L'indemnité à payer en France par une ville quelconque, à une entreprise générale d'enlèvement et de traitement des ordures par la vapeur d'eau (procédé Arnold) serait approximativement égale à la somme à débourser pour l'enlèvement et le transport des matières à l'usine de traitement, les dépenses et les recettes de l'exploitation proprement dite semblant s'équilibrer exactement. »

M. Ch. Desbrochers des Loges explique ensuite que les difficultés de pénétration de la masse des ordures par la vapeur ont donné à M. Le Blanc l'idée heureuse d'employer de la vapeur fluente dans des appareils où les matières seraient constamment en mouvement. Ce nouveau digesteur se compose essentiellement de deux cylindres, l'un extérieur qui est l'autoclave fixe, l'autre inférieur qui est le panier mobile. destiné à recevoir les immondices. Grâce à d'ingénieuses dispositions de l'appareil, le chargement et la décharge sont automatiques, sans contact de l'intérieur du digesteur avec l'atmosphère.

M. Ch. Desbrochers des Loges explique qu'en faisant un emploi judicieux de la vapeur fluente, dans les nouveaux digesteurs rangés en batterie, il devra résulter de cette méthode, qu'il appellera française, une économie notable de vapeur et par suite de combustible, pour le traitement des ordures.

Il conclut que le procédé par la vapeur d'eau, qui fournit déjà d'excellents résultats aux États-Uuis, de bons essais à Paris, doit être mis à l'étude en France, la gadoue stérilisée et utilisée comme engrais donnant ainsi satisfaction aussi bien aux hygiénistes qu'aux agriculteurs.

M. H. Serrin demande à présenter quelques observations complémentaires au sujet de l'usine de Saint-Ouen-les-Docks où se fait le broyage des ordures ménagères. Il dit que, toujours et en toute saison, l'usine de Saint-Ouen trouvera l'écoulement des ordures broyées; ainsi, en ce moment, l'usine produit 10 wagons par jour, et on lui en demande 30; c'est même pour ce motif qu'on transforme l'usine pour en augmenter la production; de plus, il ne faut pas oublier que les débouchés des ordures broyées sont bien supérieurs aux débouchés des ordures ordinaires; par exemple, sur la Compagnie du Nord, les lignes d'intérêt local à voie de 1 *m* ne peuvent pas recevoir d'ordures ordinaires à cause des difficultés du transbordement, car les ouvriers se blessent avec les morceaux de verre et les tessons de bouteilles, tandis que cet inconvénient n'existe plus avec les ordures broyées qui sont transbordées avec la plus grande

facilité. D'ailleurs, en supposant même que l'usine de broyage éprouve en certaines saisons quelque difficulté à trouver l'emploi immédiat des ordures broyées, il est bien certain que les cultivateurs ne demanderont pas mieux de faire ce qu'ils font déjà avec les ordures ordinaires et même avec les fumiers; ils les mettront en tas en y mélangeant des phosphates bon marché et peu assimilables qui, par les actions chimiques de la fermentation, se transforment en superphosphates assimilables, et donnent ainsi un excellent engrais.

M. Serrin ajoute au sujet des engrais composés en poudre, provenant du traitement des ordures ménagères par le procédé à la vapeur, que dès qu'il s'agit de vendre des engrais d'une certaine valeur, la loi exige des dosages et des titrages garantis et que les cultivateurs sont très difficiles à cet égard. Il lui semble que, vu la composition excessivement variable des ordures ménagères, il sera pratiquement et économiquement impossible d'arriver à produire des engrais à titrage garanti, d'autant plus qu'il ne faut pas perdre de vue qu'il existe dans ces matières une proportion considérable de chaux.

M. Ch. Desbrochers des Loges pense qu'il n'y aura pas d'inconvénient au point de vue agricole à traiter les ordures broyées comme cela se fait déjà et à transformer, s'il est nécessaire, la gadoue verte en gadoue noire; le principal inconvénient qui en résulterait serait de produire de mauvaises odeurs.

Quant aux difficultés provenant du dosage de l'engrais obtenu par traitement à la vapeur, elles ne seraient pas bien graves. Les fabricants ne garantissent le titre des engrais qu'à 15 0/0. Et même si cette difficulté de dosage existait, elle n'empêcherait pas la vente de ces engrais qui seraient moins chers que les autres. Au cas, par exemple, où la quantité d'acide phosphorique serait inférieure à ce qu'elle doit être pour certains terrains, il serait facile, en effet, d'en ajouter à nouveau. M. Ch. Desbrochers des Loges estime même qu'il serait avantageux de travailler cet engrais de façon à le compléter.

M. E. Badois demande à M. Desbrochers des Loges qui a parlé des essais de traitement des ordures faits par la Ville de Paris, s'il a des renseignements sur les résultats qui ont été obtenus dans le four d'incinération construit par M. l'Ingénieur Petsche.

M. Ch. Desbrochers des Loges pense que M. Lauriol, Ingénieur de la Ville, présent à la séance, pourrait donner des renseignements sur ces essais.

M. Lauriol connaît ces essais, mais il ne les a pas suivis lui-même et il ne peut pas fournir de renseignements à leur sujet.

M. Ch. Desbrochers des Loges a entendu dire que le four d'incinération n'avait pas donné les résultats qu'on espérait. Les ordures n'ont pas été également comburantes pendant toute l'année; à certains moments, la grande quantité d'eau qu'elles contenaient empêchait d'en brûler plus de 2 à 3 *t* par cellule, en 24 heures, tandis qu'en Angleterre on en brûle 10.

M. E. Badois estime que le fait de ne pouvoir brûler les ordures sans y ajouter de houille, est très important.

Les incinérations d'ordures de Paris n'ont pas donné de résultats analogues à ceux obtenus en Angleterre, et on a dit que la ville de Paris ne trouvait pas avantageux de modifier son système d'évacuation des ordures.

M. Ch. Desbrochers des Loges a fait le calcul du coût de l'incinération à Londres et à Paris : il est de 1,75 *f* dans la première de ces villes et de 3,10 *f* dans la seconde; le calcul est fait en admettant que deux cellules brûlant jour et nuit soient conduites par un seul homme et que les gadoues soient comburantes sans y mettre de charbon, comme cela a lieu à Londres.

M. E. Badois fait remarquer combien on brûle de houille en Angleterre et combien les cendres sont riches.

M. Ch. Desbrochers des Loges dit qu'en effet il y a suffisamment de charbon pour qu'on l'enlève dans le système de triage des ordures.

M. L. de Chasseloup-Laubat a été étonné d'entendre dire que le transport des ordures était plus coûteux à Philadelphie qu'à Paris. Il a eu l'occasion de constater que Philadelphie est une des villes où les transports urbains et suburbains se font à meilleur marché.

M. Ch. Desbrochers des Loges répond que l'enlèvement n'étant fait que la nuit, la main-d'œuvre doit être coûteuse. Les renseignements qu'il a reçus lui font croire que le transport des ordures est plus cher qu'à Paris, à cause de la manutention.

M. H. Serrin indique au sujet des essais d'incinération que sur les indications de M. Petsche et sur celles de M. Boreux, Ingénieur en chef du service de la voie publique, il a créé un champ d'expériences de 33 *a*, divisé en trois parties qui ont reçu des poids égaux de cendres, de criblures et de gadoues vertes. On voulait ainsi se rendre compte de la valeur que les cendres pourraient avoir comme engrais; ce sont elles qui ont donné le minimum de récolte en 1896. On va voir, puisque des expériences agricoles exigent trois années, le résultat de 1897: mais quoi qu'il en soit, l'incinération restera quand même un procédé trop coûteux.

M. Ch. Desbrochers des Loges fait remarquer que c'est ce qu'il a indiqué. En Angleterre, on ne se sert pas de cendres pour l'agriculture, mais on les mélange à la chaux pour en faire une sorte de ciment.

M. E. Badois pense que pour ce traitement des ordures des villes, il y a une question d'espèce. Il a vu récemment dans une petite ville d'Angleterre une installation faite par un ingénieur qui s'occupe depuis vingt-cinq ou trente ans d'assainissement et qui est très intéressante. On décante les eaux d'égout, on les traite par diverses matières, notamment la chaux et le sulfate ferrique; on obtient un dépôt qu'on passe au filtre-presse ce qui donne des espèces de galettes qu'on mélange avec des ordures ménagères.

On introduit ce mélange dans un four, à une température d'en-

viron 1.100°. Les gaz chauffent une chaudière alimentant une machine de 25 *ch* qui donne la force à toute l'usine. Un point particulièrement intéressant est le suivant : on n'ajoute pas seulement de la chaux, mais aussi de l'argile, de sorte qu'on a tous les éléments pour faire un ciment, et même comme il y a des éléments grenus, on obtient un véritable mortier.

M. le Président demande si ce mortier a une valeur marchande.

M. E. Badois répond affirmativement et dit que ce mortier a été employé exclusivement pour la construction de toute l'usine.

C'est là un bon moyen d'utiliser les cendres qui n'ont pas de valeur pour l'agriculture. Du moment que les chiffonniers ont trié les ordures, il reste moins de produit pouvant servir d'engrais. A ce sujet, il est intéressant de savoir ce qui se passe à Amsterdam. Les ordures ménagères y sont enlevées de suite par bateaux à des conditions très économiques; puis elles sont triées; tout ce qui n'est pas susceptible d'être vendu à l'enchère, est mis en tas pendant 5, 6 ou 7 mois, mélangé à de la terre et à de la paille et vendu aux agriculteurs qui le paient assez cher et l'enlèvent au moment de la fumure de leurs terres.

M. le Président conclut qu'en somme le procédé de traitement des ordures doit être absolument local et varier avec la nature des détritus, comme le disait en commençant M. Desbrochers des Loges.

M. A. Lencauchez fait connaître un nouveau moyen de traiter la gadoue, qu'il propose de dériver du procédé d'un chimiste anglais des plus distingués, M. Mound. Celui-ci extrait industriellement, depuis plusieurs années, de la matière organique la plus grande quantité d'azote possible sous forme d'ammoniaque, de façon à faire du sulfate d'ammoniaque, malgré la baisse de prix que ce produit a subie depuis vingt-cinq ans. Il a d'abord pensé qu'il ne fallait pas brûler le charbon en nature, mais le transformer en gaz et en retirer l'ammoniaque; il est arrivé à obtenir jusqu'à 32 *kg* de sulfate par tonne de houille, réalisant un bénéfice d'environ 3 francs par tonne, tandis que dans les usines à gaz d'éclairage on n'obtient que 8 *kg* de sulfate. Aussi M. Lencauchez a-t-il pensé qu'il pourrait être avantageux d'additionner les ordures d'une quantité de combustible suffisante et de les brûler dans des gazogènes de façon à extraire l'azote qu'elles contiennent; les gaz combustibles de ces gazogènes étant utilisables à la production de la vapeur comme chez M. Mound pour la force motrice, etc.. M. Lencauchez croit que ce procédé donnera satisfaction aux partisans de l'incinération des ordures. Il ajoute que ces questions sont très longuement traitées dans ses ouvrages sur *La tourbe* (1876) et sur *Les combustibles et le chauffage par les gaz* (1878), ainsi que dans *La Chimie* de M. C. Vincent, l'*Encyclopédie Chimique* de M. Frémy (1884).

M. le Président remercie M. Desbrochers des Loges de sa très intéressante communication. Il lui demande de tenir la Société au courant des expériences qui se poursuivront et qui amèneront, il faut l'espérer, une solution pour la question des ordures ménagères de Paris.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de :

MM. M. Albert, Ch. Cancé, E. Favier, H.-L. Laymet, F. Murtinho, C. de Niemeyer, L.-H. Oudin, H.-A.-Ch. Prévost, G. Richard, F.-A. Rousseau, H.-R. Seyrig, comme membres sociétaires.

Et MM. E. Barrière, H. Beau, E. Deutsch et P. Marchasson comme membres associés.

MM. J. Beneyton, A.-G. Bétourné, M. Duchesne, F. Durand, L.-B.-A. Étienne, Ph. Lazies, F. Le Cornec, C.-L.-A. Liguy, J. Lopes d'Almeida, P.-F.-G. Lugan, N. Miliaressy, L.-J.-M. de Nervo, H. Rolland, B.-Ch. Rouhard, H.-G.-Ch. Serrin, H.-P.-F. Seymat, L. Solignac, E. Suisse, sont reçus comme membres sociétaires.

Et MM. Ch.-M. Denys, E.-L. Domange, H.-Ch. Domange, comme membres associés.

La séance est levée à minuit moins un quart.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

LES
RÉSERVOIRS DU NIL

PAR

M. Ed. BADOIS

Notre collègue, M. Baudot, Ingénieur en chef du chemin de fer de Keneh-Luxor-Assouan, qui réside au Caire, a adressé à la Société un projet de réservoir à construire sur le Nil, au Djebel Selsileh, à quelques kilomètres au-dessous de la première cataracte, dite d'Assouan.

Le bureau de la Société, toujours désireux de donner une marque d'intérêt et d'estime aux membres correspondants de l'étranger qui veulent bien la faire profiter de leurs études et de leurs travaux, a décidé qu'il serait rendu compte de ce projet en séance.

C'est, d'ailleurs, un travail important et qui se rattache à l'un des plus beaux problèmes d'hydraulique générale qui puissent se présenter à l'attention des Ingénieurs, celui de L'AMÉNAGEMENT DES EAUX DU NIL. J'ai accepté volontiers de faire cette analyse, ayant eu déjà l'occasion, en 1874, de présenter une note sur l'ouvrage de M. Linant de Bellefonds, bey, sur les travaux d'utilité publique de l'Égypte. Mais le projet de M. Baudot ne peut offrir tout son intérêt que si son exposé est précédé de quelques considérations sur l'Égypte, sur son fleuve et sur la question générale des réservoirs du Nil. Ce sera l'objet de la première partie du présent travail.

I

L'Égypte historique a commencé il y a 7 000 ans environ. Pour se figurer une pareille antiquité, il faut se dire que l'histoire de France depuis Charlemagne jusqu'à nos jours ne comporte qu'un millier d'années; la contrée qui nous occupe a donc poursuivi son développement, avec des fortunes diverses, pendant une période de temps sept fois plus considérable.

Au moment où la tradition en fait mention pour la première fois, Ménês fonde Memphis sur la rive gauche du Nil et en fait sa capitale. Hérodote rapporte que ce prince illustra son règne en réglant le cours du Nil, en endiguant le fleuve vers ses embouchures et en bâtissant une digue énorme protégeant la ville de Memphis, dont le nom signifie, paraît-il, « le bon port ».

Cette digue, on croit en reconnaître aujourd'hui le tracé, dans celle de Cochéiché, la plus importante d'Égypte, et Linant de Bellefonds, bey, fait observer, qu'en effet, le grand cours d'eau naturel ou fausse rivière, appelé le Bahr Joussef, qui a dû toujours exister, devait être le danger dont il était le plus nécessaire de se préserver.

Dans ces temps reculés déjà, le Nil était un fleuve d'une allure spéciale qui donnait lieu à des travaux dignes de mémoire. A cette époque, cependant, s'il faut en croire ce que dit encore Hérodote, le delta devait être fort peu avancé vers la mer, car les prêtres de Memphis lui assurèrent que Ménès avait établi sa ville aux bords de la Mer Méditerranée.

Il n'y a rien là qui puisse étonner les hydrologues, ni les géologues partisans des causes actuelles; le delta se serait formé depuis et au delà de Memphis par les dépôts accumulés du limon charrié chaque année par le Nil, aidés peut-être aussi par l'effet de perturbations exceptionnelles survenues de loin en loin dans le régime du fleuve.

Quoi qu'il en soit, les travaux de Ménès furent continués par ses successeurs et parvinrent à leur apogée sous le règne d'Amenemha III de la XIIe dynastie, environ 2 700 ans avant l'ère chrétienne, par la création du lac Mœris.

Ils amenèrent l'Égypte à un degré de civilisation extraordinaire et lui donnèrent, pendant vingt-cinq siècles, une fertilité et une prospérité dont peuvent donner une idée les monuments anciens qu'on y admire, mais non l'état actuel de son sol et la déchéance où elle était tombée au commencement de notre XIXe siècle.

Il est admis maintenant que les territoires cultivés de l'ancienne Égypte comprenaient plus de 17 500 000 *ha* de terrains nilotiques depuis Kartoum jusqu'à la mer; il n'y en a plus aujourd'hui que 2 500 000 *ha*, soit sept fois moins et encore grâce aux chadoufs, sakiehs, ou pompes à vapeur, qui relèvent l'eau sur les terres, quelquefois à 15 *m* de hauteur.

Quant à la population, les mêmes proportions se retrouvent

entre l'État ancien et l'État moderne : Thiers, dans son *Histoire de la Révolution Française*, s'exprime ainsi (livre XXIX) :

« On a lieu de croire que l'Égypte nourrissait autrefois 20 millions d'habitants, sans compter les Romains. Elle était à peine capable d'en nourrir 3 millions quand les Français y entrèrent. »

Le pays a repris plus d'importance, il est vrai, depuis Méhémet-Ali, mais il est encore fort loin de son ancienne splendeur.

Frappé de ces faits, un savant courageux, un Français de mérite, aujourd'hui décédé, M. de la Motte, conçut la généreuse pensée, en 1880, d'étudier les causes de cette décadence et de faire revivre, s'il était possible, la civilisation ancienne de ce beau pays. Il reconnut que l'Égypte, non seulement *est un don du Nil*, suivant la définition d'Hérodote, mais que *l'Égypte, c'est le Nil*, comme dit un auteur moderne (Fontanes) ; c'est dire que le mal de la contrée provient du mauvais aménagement du fleuve.

Par la suite des temps, le Nil a subi les transformations lentes et insensibles qui se retrouvent dans tous les grands cours d'eau : formation d'un delta, exhaussement des rives en aval ; creusement et abaissement du lit en amont par l'usure des seuils et barrages naturels qui retenaient les eaux. Mais ces phénomènes se sont prononcés avec une intensité particulière, en raison des conditions spéciales du gisement, dirai-je, et de l'alimentation de ce fleuve merveilleux dont le mystère ne s'est dévoilé à nous que depuis peu d'années.

Du temps de Mœris, il fallait une hauteur deux fois moindre à la montée des eaux pour permettre à l'inondation bienfaisante de baigner le vaste territoire alors cultivé. La décroissance du Nil se faisait avec plus de lenteur et atteignait un niveau moins bas que l'étiage actuel.

Le Nil est devenu et tend à devenir de plus en plus torrentiel.

Voilà ce que M. de la Motte a remarqué et contrôlé sur place par de nombreuses et judicieuses observations, et c'est ce qui explique les conséquences fatales des crues, devenues tantôt insuffisantes et tantôt surabondantes, qui amènent dans le premier cas, la disette ou la famine, dans le second cas, le ravage des cultures, le typhus et la peste.

Or, depuis la destruction du lac Mœris, aucun plan d'ensemble n'a été produit pour obvier à la pénurie des inondations ou pour parer aux dangers des crues trop fortes. Et pourtant, c'est là le

remède à apporter au mal dont souffre l'Égypte et dont elle souffrira de plus en plus si l'on n'y avise.

Fort de cette conviction, M. de la Motte traça le programme des études à faire pour arriver au résultat cherché ; il sut amener à ses idées quelques esprits d'élite qui constituèrent la *Société d'études du Nil* en vue de les réaliser.

Ces premiers travaux ne sont pas ignorés de la Société des Ingénieurs Civils de France ; M. Cotard, en février 1884, dans une communication très attachante, en a fait l'exposé, et l'on peut lire à la bibliothèque le mémoire même de M. de la Motte, intitulé : *Étude sur le Nil*. On y trouvera des renseignements très intéressants et très développés dont il ne sera donné ici qu'un court résumé pour l'intelligence de ce qui doit suivre.

II

Le programme posé par M. de la Motte consiste en ceci :

1° Protéger l'Égypte contre les inondations excessives;

2° Obvier à l'insuffisance des crues;

3° Donner aux terres d'Égypte toute l'eau dont elles ont besoin, surtout en étiage;

4° Améliorer le régime général du Nil, le rendre partout navigable, et obtenir une route facile et sûre jusqu'au centre de l'Afrique;

5° En profiter pour la création de forces motrices considérables utilisables par l'industrie.

Pour comprendre la possibilité de remplir ce programme grandiose, il faut d'abord examiner le Nil tel qu'il se présente sur 6 000 *km* environ de longueur depuis les grands lacs jusqu'à la mer; puis se rendre compte du phénomène annuel de la crue de ce fleuve et du mécanisme des inondations et irrigations; enfin discuter les moyens de se rendre maître de ses eaux et en tirer le meilleur parti possible (1).

Grâce aux explorateurs dont les noms sont dans toutes les mémoires, Livingstone, Speeke, Grandt, Baker, Burton, Stanley, on connaît aujourd'hui les origines du puissant cours d'eau que nous étudions. Trois grands lacs situés à l'Équateur dans une étendue de 2 1/2 degrés au sud et 2 1/2 degrés au nord, lui donnent nais-

(1) Voir la Planche 192, carte de la Vallée du Nil au 1/10 000 000e et la planche 193, carte de la Basse, Moyenne et Haute-Égypte, au 1/150 000e, tirées de l'ouvrage de Linant de Bellefonds, bey.

sance. Le principal de ces lacs, le Victoria-Nyanza, à une surface évaluée à 50 000 km^2, 5 000 000 d'hectares, un pourtour de 1 200 *km*, une profondeur moyenne de 150 *m*. Comme comparaison le lac Léman est 80 fois moins étendu. Le lac Victoria est à l'altitude de 1 200 *m* au-dessus de la mer. Il reçoit plusieurs rivières importantes descendant des monts voisins, et se déverse dans le *Nil Kiouira*. Ce premier Nil n'est qu'un torrent impétueux qui, de cascades en cascades et après avoir formé plusieurs lacs étagés, parvient au *Nil Sommerset*, lequel se jette dans le lac Mwoutan Nzigeh ou *Albert-Nyanza*, au delà des chutes Murchinson, qui n'ont pas moins de 35 *m* de hauteur.

L'Albert-Nyanza couvre 4 600 km^2, ou 460 000 *ha*, il est encore près de 8 fois plus grand que le lac Léman. Sa cote d'altitude est de 700 *m* au-dessus de la mer.

Quant au troisième lac, le *Moutou-Nzigeh* ou Albert-Édouard-Nyanza, qui s'écoule aussi dans l'Albert-Nyanza par la rivière Simliki, il n'est pas encore bien exactement délimité.

Le Nil ressort du lac Albert à peu de distance du point d'arrivée du *Sommerset* et prend le nom de Bahr et Djebel (fleuve des Montagnes), passe à Ouadelaï et à Donfilé, où il se trouve à la cote 600 *m* au-dessus de la mer, traverse la huitième, puis la septième cataracte en amont de Gondokoro et de Lado.

A partir de ce point, le fleuve forme divers bras entremêlés de marais immenses, notamment le Bahr el Zaraf (des girafes), et sur plus de 450 *km* le lit est encombré d'herbes, de papyrus et d'apports de toutes sortes, constituant des îles flottantes ou des plaines végétales mobiles ayant parfois 20 *km* de longueur, sous lesquels l'eau s'écoule sans bruit.

De là, viennent vraisemblablement, les eaux vertes, qui marquent, au Caire, par leur arrivée soudaine, les premiers symptômes de la crue prochaine.

Plus bas, le Nil rencontre deux affluents principaux, le Bahr el Gazal (rivières des gazelles), à gauche, et la rivière Sobat à droite, et devient le *Nil Blanc*, ainsi nommé par suite de la teinte opaline de ses eaux, causée par le Sobat qui descend des plateaux d'Éthiopie.

C'est à Kartoum, après un parcours de 700 *km*, que s'opère la jonction avec le Bahr el Azrak ou *Nil Bleu*. Ce nouvel affluent à une allure plus rapide. Il sort du lac Tsana en Éthiopie (élevé de 1 860 *m* au-dessus de la mer et d'une surface de 3 000 km^2) en un

torrent violent et d'un grand débit recélant, comme le Sobat, le précieux limon qui fait la fertilité de l'Égypte.

Le Nil Blanc et le Nil Bleu constituent, à proprement parler, *le Nil* qui, au nord de Kartoum ne reçoit plus d'autre rivière affluente que l'Atbara en amont de Berber; le fleuve coule alors dans une contrée privée d'eau, et il forme sous ce rapport la seule et unique ressource des habitants de cette zone torride, car les pluies qui étaient très abondantes au sud, sont presque rares à Kartoum et cessent à peu près complètement au nord de Berber.

Le confluent des deux Nils est situé à une cote de niveau s'éloignant peu de 400 *m* au-dessus de la mer.

En descendant le fleuve on trouve :

A Soni, la sixième cataracte;

Entre Berber et Abou-Hamed, la cinquième cataracte et les rapides de Garacheh et Mograt;

A Guérendib, la quatrième cataracte;

Entre Hannek et Kaïbar, la troisième cataracte et ses chutes;

A Wadi-Halfa, la deuxième cataracte, qui a 25 *km* de longueur et termine une série de rapides appelés le Ventre de pierre (Bathn el Hagar) qui se prolongent sur 130 *km*.

Wadi-Halfa est le point extrême que la navigation puisse atteindre à peu près régulièrement.

L'altitude est de 125 *m* environ au-dessus du niveau de la mer.

Le parcours du Nil rencontre ensuite Korosko, puis au passage du Tropique du Cancer, les gorges de Kalabcha, et plus bas la première cataracte dont le sommet, en amont d'Assouan, est marqué par l'île de Philœ ; quelques kilomètres plus au nord, on trouve le Djebel-Selsileh dont il sera question plus loin, enfin Luxor, Thèbes, Keneh, Guirgueh, Siout et Saki-Mouça en face de Beni-Assan, qui forme la limite de la haute et de la moyenne Égypte, vers le vingt-huitième degré de latitude. En aval de ce point, on constate la disparition à peu près absolue du crocodile.

Dans la Moyenne et la Basse-Égypte, le Nil se double du Bahr Joussef, cours d'eau naturel, fausse rivière de la rive gauche, qui vient se perdre, en l'arrosant, dans la dépression dite oasis du Fayoum, espèce de bassin latéral à la Vallée, creusé dans le désert et jouissant d'une fertilité merveilleuse.

Le Nil passe plus loin devant les ruines de Memphis, puis à Giseh, port du Caire, où il est à 9 *m* au-dessus de la mer et quelques kilomètres plus bas, il se divise entre les branches de Ro-

sette et de Damiette, en un point où fut édifié le grand ouvrage conçu par Méhémet-Ali, le barrage du Delta, auquel le nom de l'Ingénieur français Mougel restera attaché.

Comme pente, les eaux du Nil présentent les moyennes suivantes à l'étiage :

Du pied de la première cataracte au Caire, 11 *cm* par kilomètre;
Du Caire à la mer, 4 *cm* par kilomètre.

La hauteur des berges croît à mesure qu'on remonte : dans la partie inférieure du Delta, elle est de 2 *m* seulement au-dessus des basses eaux; à partir du Caire, on rencontre des élévations de 6 à 7 *m* qui atteignent 11 et 12 *m* dans la Haute-Égypte et la Nubie.

Disons enfin que dans la Haute et la Moyenne-Égypte le Nil a une largeur de 1 200 *m* en moyenne, sauf aux points de resserrement constituant d'anciens seuils ou les cataractes actuelles.

Si, d'une manière générale, on examine la forme de la vallée, on voit, depuis l'équateur jusqu'à Kartoum, une succession de lacs échelonnés, quelques-uns devenus des marais en dehors du temps d'inondation, et l'on peut se rendre compte qu'autrefois, c'étaient de vastes réservoirs régularisant le débit.

Au-dessous de Kartoum et jusqu'à Thèbes, on distingue aussi une succession de fonds d'anciens lacs, à l'état de territoires secs et déserts, où, si l'on enlève la couche sableuse supérieure, on trouve le limon nilotique.

Ces territoires, terres de l'ancienne Égypte, se fertilisaient l'un après l'autre par la crue inondante du Nil, comme le font maintenant les bassins de culture de l'Égypte actuelle.

De cette observation naît la pensée, qu'en relevant les plans d'eau, on ferait revivre les anciens territoires, sous le même régime que les terres aujourd'hui fertiles; car les sols incultes sont toujours situés au-dessus des terres irriguées, entre ces dernières et la montagne qui longe la vallée, et bien évidemment si l'on parvenait à y dériver l'eau, non seulement on les rendrait productives, mais en outre cette eau profiterait encore aux terres actuellement en culture avant de retourner au Nil.

III

Le moment est venu de définir le phénomène de la crue du Nil. C'est un des plus merveilleux que l'Univers puisse offrir, autant par sa grandeur que par sa permanence dans le cours des siècles.

Les vents qui règnent au centre de l'Afrique viennent généralement de l'Est, inclinant tantôt vers le Sud, tantôt vers le Nord; ils apportent les vapeurs de l'Océan Indien, qui se résolvent en pluies dans les plateaux et les plaines et en neiges sur les cimes élevées. En février, ces pluies sont extrêmement violentes et coïncident avec le *soleil chaud* qui fait fondre les neiges des montagnes voisines des grands lacs. Ceux-ci se remplissent ainsi que les immenses marais de Bahr el Djebel, jusqu'au jour où leur force ascendante rompt subitement les obstacles que ces plaines herbeuses opposaient à l'écoulement des eaux. Telle est l'origine de la crue du Nil Blanc. Elle rencontre, à Kartoum, les eaux du Nil Bleu, sans que les deux eaux se confondent jusqu'à une grande distance en aval, puis celles de l'Atbara. Le premier bouillonnement se manifeste au Caire au commencement de juin en une eau verdâtre, dangereuse à boire, c'est le *Nil Vert*. Puis le Nil Bleu l'emporte, par son allure plus vive, sur les eaux des marais. Le flot passe à Kartoum fin avril et il arrive au Caire vers le 17 juin, époque où les Égyptiens font une fête au *nocta céleste* qui symbolise le *fleuve naissant*.

Enfin survient le *Nil Rouge* fécondant, chargé de limon, qui apparaît au Caire à la fin de juillet. La crue s'accentue jusqu'au milieu d'août à Kartoum et atteint au Caire son maximum vers la fin de septembre; pendant cette période de croissance et le long du parcours, des saignées se font au fleuve pour remplir les canaux. Au commencement d'octobre le phénomène est accompli, l'inondation est terminée, bonne ou mauvaise, et la décroissance commence.

La crue se produit, en général, en cent jours. C'est la même durée qu'indiquait Hérodote. Quelquefois, pourtant, une seconde crue ou un prolongement de la crue se manifeste en octobre.

La période de décroissance dure de cinq à huit mois.

D'après Fontanes, les eaux à Kartoum atteignent 7 *m* de hauteur sur l'étiage et inondent les rives, le lit occupant alors une largeur de 2 à 3 *km*. L'élévation de la crue atteint 8 *m* à Chendy, 9,50 *m* à la cataracte de Hannek, 10,50 *m* à l'aval de celle de Kaïbar, et

prend sa plus grande hauteur, près de 12 *m* à Semneh, puis elle s'amoindrit et n'est plus que de 9 *m* à la cataracte d'Assouan. Vers la pointe du Delta la crue est de même hauteur qu'à Kartoum, soit 7 *m*.

Ce sont là des chiffres moyens, correspondant au phénomène normal. Malheureusement les choses ne se passent pas toujours avec la même régularité. Comme l'explique M. de la Motte, le régime des crues du Nil se divise à partir de Kartoum en deux périodes distinctes :

Le Nil Bleu et l'Atbara envoient leurs eaux avant celles du Nil Blanc (20 à 22 jours environ). La plus heureuse crue donne 24 *pics* ou 8 *m* d'eau au Caire, au nilomètre de Rhoda; elle est produite par la bonne conjonction des deux Nils. Mais il peut y avoir avance du Nil Bleu, et retard du Nil Blanc; une partie du premier flot peut s'écouler inutilement, et l'écart en question causera une insuffisance ou tout au moins un retard dans la montée de la crue utile, quoique les deux flots aient apporté la même quantité d'eau totale dans l'année. Le Nil sera alors petit ou moyen, c'est la famine, ou la disette.

Il peut aussi y avoir retard du Nil Bleu et avance du Nil Blanc; la conjonction trop rapprochée des deux flots donnera alors une crue exagérée et dangereuse.

D'où la conclusion qu'il faudrait pouvoir, selon le cas, retarder la crue du Nil Bleu ou la faire attendre pour obvier à l'insuffisance, et retarder aussi celle du Nil Blanc en partie, en cas de conjonction hâtive, pour obtenir au Caire la hauteur favorable de 24 pics, sans plus.

L'on voit poindre ici la pensée du remède à apporter. De même qu'on a vu tout à l'heure naître l'idée de relever les niveaux pour arroser les anciens territoires devenus incultes; de même on pressent qu'il faudra disposer d'une série de réserves d'eau dont on sera maître, dans le Haut-Nil, pour régulariser les crues.

Ce serait, en réalité, répéter en plus grand ce que font sur une moindre échelle, les Égyptiens par l'emploi des bassins actuels d'inondation, car suivant la hauteur de la première ou de la deuxième crue, on les vide ou on les garde pleins. Mais il y a cette différence que ces réserves des bassins d'inondation se font en dehors du lit du Nil, qui déverse à la mer inutilement les deux tiers de ses eaux chargées de limon, alors qu'il apporte une richesse de 12 000 m^3 d'eau par seconde. En agissant sur le fleuve

lui-même, on pourrait utiliser une portion très notable de ce débit perdu. On prévoit aussi que les réservoirs en question permettraient non seulement de compléter les crues insuffisantes, mais aussi d'ajouter à l'étiage une quantité d'eau qui fait souvent défaut.

Pour préciser les données générales qui précèdent, il est utile de fournir quelques chiffres, afin de mieux apprécier l'importance des questions en jeu.

En ce qui concerne les débits relatifs du Nil Blanc et du Nil Bleu, Linant de Bellefonds, bey, a donné les nombres comparatifs suivants :

Débit par seconde :	Nil Blanc	Nil Bleu
En hautes eaux	5 007 m^3	6 104 m^3
En basses eaux	297	158

On voit ici l'influence prépondérante du Nil Bleu sur la crue, tandis que ce serait le Nil Blanc qui maintiendrait surtout le courant d'étiage. Quant au débit total annuel du Nil, on estime qu'il atteint 120 milliards de mètres cubes, dont 90 milliards s'écoulent devant le Caire durant trois mois, du 1er septembre au 1er décembre, ne laissant que 30 milliards pour les neuf mois restant.

La répartition moyenne de ces volumes énormes s'établit ainsi qu'il suit entre les mois de l'année, d'après l'ouvrage arabe d'Ali Mobarek pacha, ancien ministre des Travaux publics en Égypte :

Débits moyens par seconde :

Juin . . .	600 m^3	Décembre. . .	6 000 m^3
Juillet . .	1 900	Janvier. . . .	3 500
Août . . .	4 500	Février. . . .	1 800
Septembre	7 800	Mars	1 300
Octobre. .	9 000	Avril.	1 000
Novembre.	8 000	Mai.	500

Au sujet de la valeur des crues du Nil et de leur influence sur la fertilité du pays, Lepère (Expédition d'Égypte), a donné les appréciations suivantes, d'après les hauteurs calculées sur le nilomètre de Rhoda (Le Caire) :

Au-dessous de 5,50 *m*. . . .	Famine.
De 5,53 *m* à 6 *m*	Crue insuffisante, disette.
De 6 *m* à 7 *m*.	Récolte favorable, abondance.

De 7 *m* à 7,50 *m*	Crue forte devenant de plus en plus nuisible.
De 7,50 *m* à 8 *m*	Crue excessivement nuisible, famine certaine.
Au delà de 8 *m*	Crue désastreuse, dangers de peste, typhus et d'épizooties.

Ces hauteurs s'appliquent à la crue abordant le Delta.

Depuis, M. L. Jacquet, Inspecteur général des Ponts et Chaussées de France, chargé par la Société d'Etudes du Nil, de rédiger un avant-projet de barrage au Djebel-Selsileh, a donné, dans son rapport, une corrélation très instructive entre la montée de la crue au Caire, calculée au nilomètre de la Salpêtrière (Usine des Eaux) et celle de la même crue à Djebel-Selsileh, en vue d'étudier les effets d'une retenue en ce point.

Il faut noter que le zéro du Nilomètre de l'Usine des Eaux est établi à 2 *m* environ au-dessous de l'étiage du Nil en cet endroit.

Voici les observations faites par M. L. Jacquet :

L'eau atteignant

23 pics ou 9,50 *m* environ à l'échelle de la Salpêtrière. — Bonne récolte.
24 pics ou 10 *m* — — — Crue excellente.

au delà elle devient dangereuse. En 1878, la crue dépassa 26 pics et marqua 11,20 *m*. Elle causa d'immenses désastres. A 16 pics ou 6,60 *m* se trouve le niveau du Kalig-Masri (canal du Caire). dont l'ouverture se fait suivant le régime de la crue à des hauteurs de 17 à 20 pics (7 *m* à 8,50 *m*).

Lorsque le Nil atteint le niveau du Kalig, tous les canaux d'inondation sont alimentés dans de bonnes conditions. Mais au moment de la décroissance des eaux, ils sont abandonnés successivement par les eaux suivant leur hauteur respective par rapport au fleuve et l'on peut dire qu'à 13 pics l'alimentation des canaux cesse (près de 4 *m* au-dessus de l'étiage). Enfin, on peut admettre que le débit du Nil au Caire, lorsqu'il atteint 24 pics est de 10,000 m^3 par seconde et qu'il est réduit à 500 m^3 lorsqu'il arrive à l'étiage, vers 2 *m* au-dessus du zéro de l'échelle de la Salpêtrière (hauteur comprise entre 5 et 6 pics). Le pic équivaut à 0,42 *m* environ.

A Djebel-Selsileh, le débit aux plus basses eaux serait 700 m^3 correspondant aux 500 m^3 d'étiage au Caire. — La crue excellente de 24 pics ou de 8 *m* sur l'étiage au Caire s'élèverait à Djebel-

Selsileh à 9 *m* sur l'étiage avec un débit de 12 000 m^3. Les 2 000 m^3 de différence de débit entre ces deux points éloignés de près de 900 *km* sont absorbés par les inondations, alimentations de canaux, infiltrations ou évaporations.

IV

Sans vouloir traiter la question très vaste et très complexe des irrigations d'Egypte, il est pourtant utile d'en dire ici quelques mots, car elle a une grande importance au point de vue de l'aménagement des eaux.

Jusqu'au commencement du siècle actuel on ne connaissait, en Egypte qu'un seul mode d'irrigation, et un seul genre de culture, Le Nil emplissait successivement des bassins d'inondation formés par des digues transversales au fleuve.

L'eau amenée dans ces bassins par la crue au moyen de canaux larges et peu profonds, y séjournait environ deux mois et s'écoulait ensuite, après avoir imbibé le sol et déposé le limon fertilisant. La terre était alors ensemencée et il n'y avait plus qu'à attendre la moisson. — Telle est la culture dite *Chétoui*, pratiquée de tous temps en Égypte pour les céréales. — La hauteur de la couche d'eau nécessaire à une bonne imbibition est de 1,40 *m* environ.

D'autres terres sont arrosées directement sur les bords, par le fleuve ou par les canaux qui s'y alimentent, mais elles ne sont baignées que pendant la période ultime de la crue et dès que l'eau se retire, le fellah les ensemence en suivant pas à pas la marche décroissante du Nil. — Ce sont les cultures *Nili*, dont on complète au besoin l'irrigation par les moyens artificiels d'élévation de l'eau, l'emploi des chadoufs (levier primitif manœuvré à bras) et des saquiehs (norias mues par des bœufs). — On cultive ainsi le dourah, les fèves, le tabac, le bersim (sorte de luzerne).

Mais, depuis Méhémet-Ali, et surtout lorsqu'on commença à produire le coton Jumel, on chercha par l'arrosage permanent du sol pendant la sécheresse, à faire des cultures perfectionnées : le riz, le maïs, le coton, l'indigo, la canne à sucre,

Pour cela furent créés les canaux dits *Séfi* ou d'*été*, assez profonds pour être alimentés pendant l'étiage et la saison sèche et dont l'eau est relevée par des chadoufs ou des saquiehs, ou encore, dans les grandes exploitations, par des pompes à vapeur. Cette

innovation amena une perturbation considérable dans le système des arrosages. Les canaux profonds exigent un curage fréquent et onéreux ; ils ont peu de pente. Leur entretien sous Méhémet-Ali et ses successeurs immédiats pouvait encore se faire au moyen *de la corvée*; mais il cause, aujourd'hui que ce mode de travail est supprimé, des difficultés presque insurmontables, tant par les masses énormes de terre à enlever, que par la nécessité de faire le curage en contre-bas de l'étiage.

D'autre part, les cultures *Séfi* absorbent une grande quantité d'eau, alors qu'il y en a le moins, et cela oblige à les restreindre, parce qu'elles diminuent en étiage le tirant d'eau pour la navigation, et qu'elles détournent pendant la montée de la crue une partie des eaux dont les terrains soumis à l'inondation ne profitent plus ; ceux-ci s'appauvrissent, et donnent de moins belles récoltes.

Ces inconvénients disparaîtraient, en partie, si des canaux spéciaux, d'un niveau surélevé, apportaient, du haut du fleuve aux cultures d'été, l'eau nécessaire que l'on pourrait alors utiliser sans l'emploi des machines.

Telle était la pensée de Méhémet-Ali, lorsqu'il décida l'établissement du barrage à la tête du Delta, en vue de relever de 4,50 *m* le niveau du Nil pour assurer l'irrigation de la Basse-Égypte dans de bonnes conditions.

Telle était également la préoccupation de Linant-bey en projetant un grand canal de dérivation partant de Djebel-Selsileh, et côtoyant la chaîne Lybique, afin d'obtenir un arrosage permanent d'une partie des terres de la Haute et Moyenne-Égypte jusqu'au Fayoum.

On sait que le premier de ces ouvrages demeura longtemps inefficace par suite de la faiblesse des fondations qui ne permit pas de réaliser la retenue désirée. — On put seulement mieux régler la répartition des Eaux entre les branches de Rosette et de Damiette. Et ce n'est qu'à la suite des réparations qui y furent faites avec un grand talent, il y a quelques années, par les Ingénieurs anglais, le lieutenant-colonel Western et Sir Scott Moncrieff, qu'une certaine surélévation du niveau d'eau fut obtenue. Mais cette amélioration est considérée, par certains Ingénieurs, comme précaire et comme ne devant produire qu'un résultat incomplet, tant que l'on ne sera pas parvenu : 1° à augmenter la quantité d'eau disponible à l'étiage ; et 2° à soustraire les cultures d'été aux dangers d'une crue excessive qui les noierait et les détruirait.

Quant au canal de dérivation dont Linant-bey fixait l'origine au Djebel-Selsileh, il n'était possible de l'admettre, il l'a reconnu lui-même, que moyennant l'établissement d'un réservoir supérieur destiné à l'alimenter sans nuire au régime normal du Nil. — Et, en effet, les eaux qu'on aurait prises au fleuve en amont pour arroser les terres de la Haute et Moyenne-Égypte, ne se seraient plus retrouvées en aval pour les irrigations de la Basse-Égypte ; c'eût été ruiner une partie du pays pour enrichir une autre partie.

V

De tout ce qui a été dit jusqu'ici, il résulte que, de quelque côté qu'on envisage le problème posé, on aboutit toujours à la nésessité de surélever les niveaux, et de créer, dans le Haut Nil, de vastes réservoirs capables d'emmagasiner en temps opportun une grand quantité d'eau. Il faut pouvoir disposer de cette capacité pour atténuer les effets désastreux d'une crue qui s'annoncerait comme excessive ; pour augmenter, dans la période efficace, la hauteur d'une crue insuffisante ; et pour fournir en étiage l'eau nécessaire aux cultures *séfi*, en quantité voulue et à un niveau convenable.

Cette solution, les anciens Pharaons l'avaient réalisée en partie il y a plus de 4 000 ans par la création du lac Mœris. Il s'agit de la réaliser à nouveau, avec toutes les ressources de la science et de l'industrie modernes en tenant compte de la situation actuelle de l'Égypte et du Nil.

On comprend ainsi la grandeur du programme de M. de la Motte et les efforts tentés par la Société des Études du Nil et par le Gouvernement égyptien en faveur de la création des réservoirs du Nil.

Mais il ne peut plus être question d'un ouvrage analogue au lac Mœris dont Linant-Bey a retrouvé les vestiges à l'entrée du Fayoum. Ce lac était un bassin latéral au fleuve, retenant les eaux pendant une moitié de l'année pour les écouler pendant l'autre moitié, c'est-à-dire dans des conditions où l'envasement était inévitable, et il n'avait d'action sur l'inondation que dans la Basse-Égygte.

C'est beaucoup plus haut et en plein Nil qu'il faut rétablir, par des barrages, les anciens seuils rongés et abaissés par les eaux,

comme l'a péremptoirement démontré M. de la Motte dans ses mémoires.

Sous ce rapport les emplacements de Djebel-Selsileh, au nord d'Assouan et de Kalabcha au sud de la même ville (première cataracte), ont été mis en avant par la Société d'Études du Nil. Il faut dire immédiatement que d'autres sites ont également été préconisés, par les Ingénieurs du Gouvernement khédivial : mais c'est sur celui de Djebel-Selsileh, proposé par le projet de M. Baudot, que notre attention est particulièrement appelée aujourd'hui.

Une œuvre de cette nature comporte, à la réflexion, toute une série de problèmes à résoudre. Quelle est la réserve d'eau nécessaire pour obtenir une action efficace sur le régime des crues et sur les irrigations.

Est-il plus convenable de la constituer en plusieurs réservoirs de moindre volume ou en un seul de très grande capacité ?

Le barrage en lit de rivière destiné à surhausser le niveau de l'eau sera-t-il submersible ou insubmersible ?

Dans ce dernier cas comment s'écouleront les eaux du fleuve? par une dérivation latérale, par des ouvertures dans le mur même, ou par des chutes échelonnées ?

Quelles seront les pentes superficielles de la nappe liquide, et les limites des remous?

Comment seront dirigés les travaux pendant l'exécution qui ne doit pas interrompre le cours des eaux ?

Quel sera l'effet des dépôts qui se produiront par suite de la retenue des eaux limoneuses. Et de quelle manière pourra-t-on assurer l'entretien des ouvrages ?

Sans parler des questions accessoires ni des conditions locales ou de construction qui peuvent limiter la hauteur de la retenue, les questions ci-dessus prennent une importance très grande, alors qu'il s'agit d'une masse d'eau en mouvement pouvant atteindre dans les crues extraordinaires 14 000 et 15 000 m^3 par seconde, soit plus d'un milliard de mètres cubes par jour et des vitesses moyennes de 2 *m* par seconde donnant un courant superficiel de 2,50 *m* environ.

Il eût été surprenant qu'en présence d'un tel nombre de considérations à concilier, des divergences ne se fussent pas manifestées parmi les Ingénieurs de mérite qui ont eu à donner leur avis sur la question.

Les documents que nous avons pu réunir les font ressortir quelquefois avec vivacité, mais l'accord existe sur l'opportunité de la création des réservoirs, et sur le but principal à atteindre, et l'on diffère seulement sur les emplacements, les dispositions des ouvrages et les moyens d'exécution.

Un court historique des différents projets pourra sans doute offrir quelque intérêt.

En 1882, M. l'Inspecteur général, L. Jacquet, fut chargé par la Société d'Études du Nil d'examiner la convenance de l'établissement d'un barrage au Djebel-Selsileh. (*Fig. 1, Pl. 194.*)

Ce site paraît, en effet, tout indiqué pour recevoir un tel ouvrage et constituer un vaste réservoir. La vallée du Nil qui, sur 40 *km* en aval de la cataracte d'Assouan, se trouve resserrée entre les montagnes de la chaîne Lybique, d'un côté, et de la chaîne Arabique de l'autre côté, s'ouvre subitement sur la plaine de Koum-Ombos qui offre 30 *km* de long et une largeur de plus de 25 *km*. Les montagnes forment un vaste cirque qui se referme à Djebel-Selsileh en un défilé de 400 *m* creusé dans le rocher. Une ouverture de 1 800 *m* environ se remarque en cet endroit vers l'est, dans la montagne, indiquant avec évidence le passage de l'ancien lit du Nil, avant l'érosion du seuil de Selsileh sur lequel les eaux plus hautes passaient alors en cataracte. Le rocher est un grès dur et résistant qui constitue le fond du lit aussi bien que les berges.

De l'étude sommaire qu'il fit, M. Jacquet conclut à la possibilité de rétablir l'ancien seuil et d'y construire un barrage insubmersible atteignant 30 *m* au-dessus de l'étiage, en même temps qu'on ferait reprendre au fleuve une voie latérale creusée en pente rapide dans le roc par un bras de dérivation de 300 *m* de largeur et un canal de décharge de 700 *m* munis chacun de barrages mobiles pour régler le débit. L'étiage serait relevé de 20 *m* jusqu'au niveau moyen supposé de la plaine de Koum Ombos. L'ouverture de l'ancien lit serait fermée par une digue insubmersible et sur la rive gauche on ménagerait une dérivation éclusée pour la navigation et l'origine d'un canal d'irrigation d'une portée de 400 m^3 par seconde qui réaliserait la pensée de Linant-bey, sans nuire au régime du Nil. (*Fig. 2, Pl. 194.*)

Il est utile d'indiquer que le choix d'un barrage insubmersible fut déterminé par la crainte de la destruction d'un ouvrage submersible malgré les protections métalliques dont on pourrait l'entou-

rer, et que la dérivation latérale fut projetée en vue d'éviter l'emploi d'ouvertures percées dans le mur barrage pour l'écoulement normal des eaux tout en empêchant la formation d'envasements importants dans les parties réduites en eau morte.

Par ces dispositions le niveau inférieur du lac étant placé à 20 *m* sur l'étiage on aurait, en outre, la possibilité d'opérer une retenue de 5 *m* supérieure pour les grandes crues ordinaires, et un peu plus pour celles extraordinaires et de réaliser ainsi dans la pensée de l'auteur du projet un emmagasinement pouvant atteindre 7 milliards de mètres cubes d'eau.

Les résultats obtenus seraient :

1° L'amélioration de la navigation du Nil, car les cataractes d'Assouan seraient régulièrement couvertes par la retenue. On pourrait donc remonter sans embarras jusqu'à Wadi-Halfa (deuxième cataracte) ;

2° L'atténuation des crues excessives du Nil par un prélèvement fait sur la crue de 3 000 à 5 000 m^3 par seconde, pendant une période allant de 26 jours à 13 jours, ce qui conjurerait tout danger;

3° La surélévation des crues insuffisantes par la restitution inverse de 3 000 à 5 000 m^3 par seconde, pendant plusieurs jours en épuisant le lac ;

4° Le moyen de pourvoir, par le remplissage à nouveau du lac en octobre, novembre et décembre, aux insuffisances d'eau de l'étiage ;

5° La permanence des irrigations d'été, sans altérer le cours du fleuve, pour plusieurs centaines de mille hectares de terre aujourd'hui incultes.

Le mémoire de M. Jacquet fait l'application des manœuvres possibles à une crue désastreuse, celle de 1878, à une crue insuffisante, telle que celle de 1868, puis à une crue moyenne, et il donne l'estimation des dépenses totales à prévoir, dont le chiffre s'élèverait à 100 000 000 *f* (près de 4 000 000 livres égyptiennes), il fait voir en même temps les résultats considérables de cette œuvre gigantesque qui, dit-il, seront toujours bien au-dessus de toute proportion avec les dépenses.

L'auteur a soin de prévenir qu'il n'a dressé qu'un avant-projet sommaire, pouvant être modifié par l'étude définitive. C'est précisément cette étude qu'a faite M. Baudot et dont il sera parlé après l'exposé des projets des Ingénieurs du Gouvernement égyptien. Nous devons dire que bon nombre de personnes compé-

tentes ont donné, en principe, leur approbation au projet de M. Jacquet, notamment MM. Lavelley et Cotard, nos collègues et M. Fargue, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

En 1890, M. Prompt, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, administrateur français des chemins de fer égyptiens, proposa, dans un rapport d'ensemble sur les communications à établir jusqu'à Kartoum, la division du transport en deux parties: la première comprendrait un chemin de fer aboutissant en un point situé à quelque distance à l'amont de la cataracte d'Assouan et la seconde utiliserait la navigation entre ce point et Kartoum.

Dans cette vue spéciale, M. Prompt choisissait le site de Kalabcha comme terminus du chemin de fer et proposait d'y établir sur le Nil une retenue de 14,50 *m* de hauteur totale, composée de trois barrages submersibles échelonnés, distants de 200 *m* l'un de l'autre et présentant des hauteurs de 5 *m* environ pour le premier à l'aval, de près de 10 *m* pour le second, et de 14,50 *m* pour le troisième à l'amont; l'eau se fut déversée de l'un dans l'autre de ces bassins au moyen de chutes n'excédant pas 5 *m*.

A Wadi-Halfa, la deuxième cataracte serait effacée par deux barrages l'un de 15 *m*, à l'aval, noyant la plus grande partie des récifs du *ventre de pierre* et le second, disposé à l'amont, aurait été d'une assez faible hauteur.

Depuis Wadi-Halfa jusqu'à Shendy, il fallait racheter 140 *m* sur la différence totale des niveaux pour obtenir une pente convenable. Cela conduisait à 12 barrages de 5 *m* et 8 de 18 *m* de hauteur.

Quelques moindres ouvrages auraient assuré une bonne navigation entre Shendy et Kartoum.

M. Prompt entrevoyait même la possibilité de barrer le Nil au confluent du Sobat pour prolonger plus loin encore les communications fluviales.

Quoique cette combinaison ait eu pour but la réalisation de vues différentes, l'auteur n'a eu garde d'oublier les avantages qui en résulteraient par suite de l'aménagement de réserves considérables dans le Haut-Nil allant jusqu'à 12 milliards de mètres cubes, et il a fait ressortir, dans une conférence donnée en février 1891 à l'Institut égyptien au Caire l'importance de ce système de bassins relevés pour l'amélioration du régime des crues.

Le nettoyage des réservoirs était prévu par des chasses naturelles opérées chaque deux ou trois ans pour l'enlèvement des

dépôts de limons et M. Prompt indiquait la possibilité de surmonter ses barrages de hausses mobiles pouvant s'abaisser à la saison des crues.

VI

A la même époque, le Gouvernement khédivial par les soins de Moustapha-pacha Fehmy, Président du Conseil des Ministres, faisait étudier la question des réservoirs en vue d'améliorer le système général des irrigations.

Un travail complet fut élaboré par M. W. Willcocks, inspecteur d'irrigation, examiné par le lieutenant-colonel J. C. Ross, Inspecteur général des irrigations, puis par le colonel sir Colin Scott Moncrieff, sous-secrétaire d'État au Ministère des Travaux publics, l'habile Ingénieur des grands barrages des Indes.

L'analyse de ce volumineux mémoire dépasserait de beaucoup les bornes de notre modeste exposé, il faut en retenir cependant les points suivants :

1° Les besoins les plus urgents à satisfaire en ne perdant pas de vue l'économie financière, nécessiteraient de construire un réservoir pouvant fournir aux territoires situés au nord d'Assiout (ou Siout), pour les cultures séfi, surtout le riz et le coton, 30 millions de mètres cubes d'eau par jour pendant 60 jours, dans les mois de mai, juin et juillet, alors que le fleuve est à son niveau le plus bas. Il faudrait donc effectuer dans ce but une réserve nette de 1 800 millions de mètres cubes. Il faudrait aussi avoir pour les terres de la Haute-Égypte, et pour les mêmes cultures séfi, un réservoir de 2 600 millions de mètres cubes pouvant donner pendant 100 jours, à ces terres, 26 millions de mètres cubes par jour;

2° Les réservoirs dont la nécessité est ainsi démontrée pourraient être placés dans la vallée même du Nil, au Djebel-Selsileh, à Assouan, ou à Kalabcha et même à Wadi-Halfa.

M. Willcocks a examiné aussi un site pour un réservoir hors de la vallée du Nil au Wadi-Rayan, dans le Fayoum et la constitution d'une autre réserve d'eau dans le Delta qu'il appelle « réservoirs des marécages ». Mais ces deux dernières combinaisons répondent à des préoccupations spéciales et il n'y a pas lieu de s'y arrêter;

3° Les réservoirs dans la vallée du Nil peuvent être établis en construisant des barrages massifs submersibles, au dessus desquels les eaux de la crue passeraient; mais il faudrait craindre dans ce cas leur destruction rapide et leur envasement. Ils ne sont pas recommandés.

On peut aussi construire des barrages massifs insubmersibles, en donnant au fleuve relevé un nouveau cours dans la vallée.

On objecte de même à ce genre de barrage le danger d'envasement. Cependant il y a là une distinction à faire : le charriage du limon se fait surtout au début de la crue en août; le Nil contient alors 1,50 *l* de matières en suspension par mètre cube d'eau — en septembre il n'en a plus que le tiers soit 0,50 *l* par mètre cube et en décembre que le sixième soit 0,25 *l* par mètre cube; la proportion tombe au douzième soit 0,125 *l* en février, et au trentième soit 0,05 *l* en mai. Si donc on laisse s'écouler librement par les dérivations les premières eaux de la crue et qu'on ne retienne que celles qui viennent ensuite, ce qui pourra se faire le plus souvent, le danger d'envasement est bien éloigné et l'on peut prévoir des périodes de plusieurs siècles avant d'avoir à les redouter, quand bien même on ne disposerait pas de moyens d'enlèvement des dépôts, soit par des chasses naturelles, soit autrement.

Néanmoins, les Ingénieurs du Gouvernement égyptien expriment leur préférence pour des barrages ouverts et insubmersibles, permettant aux eaux de la crue de traverser le mur-barrage au niveau ordinaire, soit par des ouvertures entre piliers, soit par de nombreux orifices circulaires, garnis de granit ou de métal.

Disons tout de suite que ces dispositions ont pour effet de diminuer notablement la stabilité relative de l'ouvrage; c'est-à-dire, par exemple, qu'un barrage ouvert de 25 *m* de hauteur sera comparable comme résistance à un barrage massif de 37 *m* (chiffres reconnus par M. Willcocks) et, d'autre part, que la nécessité d'écouler les eaux par un grand nombre d'ouvertures, qui ne peuvent être évidemment qu'à une certaine distance les unes des autres, oblige à donner à l'ouvrage une très grande longueur, et à le placer logiquement en écharpe ou en chevron sur le fleuve. Ce double surcroît de dépenses, dépassera, en général, le coût d'une dérivation.

Malgré cela il faut prévoir encore des vitesses de 6 *m* au moins à la seconde pour l'écoulement par un débouché réduit avec une

charge de 3 *m* d'eau. Il semble qu'en France on hésiterait à aborder de semblables conditions d'établissement pour des ouvrages devant avoir 10 *m* au moins de fondation sous l'étiage et une hauteur de 25 à 30 *m* au-dessus;

4° L'emplacement préconisé comme le meilleur par M. Willcocks est le site d'Assouan; le barrage de 25 *m* sur l'étiage serait construit sur la roche de syénite et diorite qui forme la tête de la première cataracte. Le réservoir contiendrait 2 900 millions de mètres cubes d'eau soit, en tenant compte d'un mètre de hauteur perdu par l'évaporation, 2 600 millions de mètres cubes. Il coûterait 25 000 000 *f*; il faudrait trois années pour le terminer.
Mais à la cote prévue pour la retenue d'eau, le temple de Philœ serait submergé complètement sous plusieurs mètres de hauteur d'eau pendant plus de six mois. — A cela ne peuvent souscrire M. le lieutenant-colonel Ross, ni Sir Scott Moncrieff. Ce dernier estime, en outre, que l'ouvrage exigera au moins six années de travail et non trois.

5° Le barrage-réservoir à Kalabcha qui, suivant M. Willcocks, aurait 25 *m* sur l'étiage et coûterait 26 800 000 *f* pour une réserve totale de 1 948 millions de mètres cubes et une réserve utile de 1 730 millions de mètres cubes après évaporation partielle, ne serait pas, pense-t-il, sur un aussi bon sol que celui d'Assouan; d'autre part, la gorge du Nil en cet endroit, si elle a peu de largeur, a une grande profondeur; la hauteur d'eau sous l'étiage atteint généralement 15 *m* et en quelques points 20 *m*. Ce sont des conditions peu favorables pour l'exécution d'un barrage et surtout d'un barrage ouvert ordinaire qui doit, comme il a été dit plus haut, présenter une grande longueur pour pouvoir être traversé par le débit de la crue. Il faudrait tout au moins étudier le projet dans un autre système, comme l'a fait M. Boulé (voir le *Génie Civil* du 8 décembre 1894). *(Fig. 10, Pl. 194.)*

6° Le site du Djebel-Selsileh est critiqué par M. Willcocks, parce que le sol de fondation est du grès et non plus du granit, et que le coût qu'il attribue aux ouvrages à y établir serait de près de 50 millions de francs pour une réserve utile de 2 725 millions de mètres cubes, toujours avec 25 *m* de hauteur sur l'étiage. Mais, d'une part, ce réservoir ne submergera pas Philœ, quoiqu'il noie la basse ville d'Assouan. D'autre part, les évaluations de M. Willcocks et ses craintes sur la solidité du rocher sont contestées par Sir Scott Moncrieff, qui dit en propres termes :

« Il est, sans doute, bien plus satisfaisant de construire sur du granit plutôt que sur du grès, mais lorsqu'on a tout près de soi du granit avec lequel on construirait les parties du barrage qui seront exposées aux forts courants, on peut obtenir une construction parfaitement bonne et solide.

» Comparé aux autres, le barrage de Selsileh est celui qui se trouve le plus à proximité des régions à irriguer ; il se perdra ainsi moins d'eau dans le trajet entre le barrage et ces régions. Si ce barrage peut retenir 2 725 millions de mètres cubes à l'aide d'une digue de 25 *m* de hauteur, il ne convient pas de passer outre en ne l'examinant pas. En outre, le transport sur les lieux des matériaux nécessaires, tels qui ciment, fer, etc., à importer de l'Europe coûtera meilleur marché, et il sera plus facile de se procurer la main-d'œuvre en cet endroit plutôt qu'à Kalabcha. »
Cette opinion textuelle de l'habile Ingénieur est à retenir.

7° Le barrage de Wadi-Halfa n'a pas été étudié ; ce qu'on en sait, c'est que le site est très large et paraît se prêter assez bien à une construction de ce genre. Mais il serait le moins favorablement placé en ce qui concerne les points à irriguer et le bord de la mer.

8° En outre du ou des réservoirs d'emmagasinement d'eau à faire dans le haut Nil, les Ingénieurs du Gouvernement égyptien prévoient la création, au nord, entre Assouan et Siout d'un ou deux barrages de relèvement de la totalité des eaux, dont le principal serait établi à Siout même, pour élever le niveau d'été du canal Ibrahimieh, qui prendrait ainsi une grande importance.

Sir Scott Moncrieff proposa comme consécration de ces études la réunion d'une Commission technique internationale d'Ingénieurs destinée à donner son avis sur les conclusions formulées et sur les questions à résoudre pour l'exécution d'une œuvre aussi colossale.

Cette Commission fut instituée et composée de :

Sir Benjamin Baker, Ingénieur civil anglais ;

M. Auguste Boulé, Inspecteur général des Ponts et Chaussées français ;

Signor Giacomo Torricelli, Ingénieur du Gouvernement italien.

Les travaux de ce Comité supérieur se poursuivirent en Égypte dans les premiers mois de l'année 1894 et donnèrent lieu à un

mémoire sous le titre de : *Irrigations pérennes et protection contre l'inondation en Égypte. — Rapports de la Commission technique sur les réservoirs*, et *Note*, par M. W. E. Garstin, sous-secrétaire d'État au Ministère des Travaux publics. Le tout fut présenté à son Excellence Nubar Pacha, Président du Conseil des Ministres, le 17 mai 1894.

Quoique nous ayons eu connaissance desdits rapports, grâce à l'obligeance d'une personnalité à qui nous exprimons ici notre sincère reconnaissance, nous ne croyons pas devoir en divulguer les détails. En premier lieu, pour des motifs de convenance, car cette communication nous a été faite à titre confidentiel, et parce que, d'autre part, l'honorable M. Boulé, commissaire français, a publié sur ce sujet, dans le *Génie Civil*, en novembre et décembre 1894, une étude très remarquée à laquelle on peut se reporter. En second lieu, parce que cette consultation n'a pas produit de résultat positif au point de vue technique. En troisième lieu, parce que la question est entrée dans une phase politique et diplomatique qui paraît avoir fait suspendre toute décision ferme du Gouvernement égyptien, que d'autres soucis ont assailli depuis lors.

VII

Analyse du projet de M. Baudot.

Il ne reste donc plus qu'à présenter l'analyse du projet de M. Baudot, laquelle se trouvera bien facilitée et simplifiée par l'exposé qui précède.

Cet Ingénieur a eu l'occasion d'examiner sur place trois des emplacements proposés pour construire les ouvrages de retenue et il a considéré comme étant le plus propice le site de Djebel-Selsileh, dont il a fait l'étude approfondie en s'attachant à l'avant-projet de M. L. Jacquet.

Il ne considère pas comme suffisant d'assurer à l'Égypte le bénéfice d'un approvisionnement d'eau servant seulement à augmenter le volume d'eau consacré aux cultures séfi, ce qui était le principal but de M. Willcocks ; il insiste pour que le réservoir puisse emmagasiner de l'eau :

1° Pour augmenter le débit d'étiage à l'aval ;

2° Pour subvenir au manque de hauteur d'une crue insuffisante ;

3° Pour enlever au fleuve, pendant une vingtaine de jours, l'excédent d'une crue excessive.

Il explique que les renseignements fournis en partie officiellement à M. Jacquet, et sur lesquels son avant-projet était basé, se sont trouvés modifiés par une exploration plus minutieuse et par des nivellements plus complets. La superficie du bassin est moindre qu'on ne l'avait affirmé et moindre aussi est la différence de niveau supposée entre Selsileh et Assouan. Il en résulte que, pour ne pas inonder l'île de Philœ, il faut abaisser le niveau de la retenue et que le volume emmagasiné sera, en conséquence, plus faible que celui prévu par M. Jacquet.

Cependant, en se maintenant à la cote 104 *m* pour préserver Philœ, on peut encore avoir une réserve de près de 4 000 millions de mètres cubes. En allant à 106 *m*, lors d'une crue exceptionnelle, la contenance serait de plus de 5 600 millions de mètres cubes, au risque, dans ce cas, de baigner exceptionnellement aussi le pied des monuments de Philœ. Mais l'objection relative à ce temple a fait rejeter la cote 106 *m* et le projet est établi pour un niveau minimum amont (réservoir vide) à l'altitude 94 *m*, (14 *m* environ au-dessus de l'étiage), et un niveau maximum (réservoir plein) à l'altitude 104 *m* (24 *m* sur l'étiage).

Les ouvrages prévus sont : *(Fig. 3, Pl. 194.)*

1° Un barrage insubmersible en travers du fleuve, comportant, au pied, quelques orifices d'écoulement constant pour éviter l'envasement ;

2° A côté, sur la rive droite, un canal d'écoulement avec régulateur de débit ;

3° Plus à l'est, dans la vallée, un second canal de décharge, aussi avec régulateur de débit ;

4° Une digue insubmersible à la suite, barrant de ce côté, rive droite, le reste de la vallée ;

5° Un canal de navigation, sur la rive gauche, avec sas à écluses et branchement ;

6° Du même côté, un canal de dérivation pouvant fournir 400 m^3 par seconde aux irrigations, lorsque l'eau dans le réservoir est à la cote minimum 94 *m*.

On retrouve donc ici les dispositions générales de l'avant-projet de M. Jacquet.

Les différences se remarquent dans les cotes d'établissement,

dans la capacité et dans quelques détails de construction. La capacité obtenue à la cote 104 *m* est de 3 845 millions de mètres cubes.

M. Baudot donne un tableau du fonctionnement de son réservoir, pour trois cas : crue moyenne, crue excessive et crue insuffisante.

Ce tableau est calculé, pour toute l'année, par décades, et indique le débit à l'amont, l'eau passant à l'aval, l'eau retenue, l'usage de cette eau et sa distribution soit au canal d'irrigation, soit au Nil lui-même aux moments des basses eaux, enfin les quantités d'eau restant dans le réservoir et les niveaux à l'amont et à l'aval du barrage.

Les calculs sont établis en comptant une déperdition par l'évaporation de 50 m^3 par seconde lorsque le réservoir est plein ou près de la plénitude.

On peut suivre, ainsi à tout moment, la situation et voir la montée ou la descente de la réserve suivant que le débit est supérieur ou inférieur à la concordance reconnue pour une crue favorable. En principe, on recueille dans la période critique, toute la quantité d'eau excédant 12 000 m^3 par seconde lors des crues excessives et on restitue au Nil tout ce qui manque à ce débit lors des crues insuffisantes.

Le plus fort volume d'une crue excessive est supposé de 14 600 m^3 par seconde et, pour une crue insuffisante, il est compté à 8 175 m^3 par seconde.

Suivant la nature des crues, la plus grande différence de niveau entre l'amont et l'aval du barrage variera de 19,29 *m* à 22,46 *m*, en juin ou mars, et la plus petite de 5,84 *m* à 8,02 *m*, en septembre ou octobre.

La stabilité du mur est déterminée pour une charge de 24 *m*, supérieure de 1,54 *m* à la plus forte dénivellation prévue.

Une particularité à noter est l'emploi de dix tuyaux de décharge de 1,50 *m* de diamètre, traversant le barrage et espacés de 38 *m* d'axe en axe pour produire un écoulement *permanent* dans le but d'éviter les envasements à l'amont du barrage. D'après l'état du remplissage, ces tuyaux écouleront au maximum 363 m^3 par seconde et au minimum 203 m^3 suivant le calcul. (*Fig. 4 et 7, Pl. 194.*)

Ainsi seront conciliées les exigences relatives à la stabilité du mur et celles du souci de conserver aux eaux du Nil le limon

fertilisant qu'il ne faut pas laisser se déposer à l'amont du barrage.

La difficulté est tournée d'une manière fort ingénieuse. Toutefois nous nous demandons s'il sera possible d'empêcher des affouillements de se manifester au droit de ces orifices, d'où l'eau sortirait parfois sous une charge de 20 *m* de hauteur d'eau, c'est-à-dire avec une vitesse de 20 *m* par seconde. Il est évident que des précautions spéciales, que le projet n'indique pas, seront à prendre à cet égard.

Les Ingénieurs du Gouvernement égyptien dans leurs barrages ouverts ne dépassent pas 6 *m* par seconde pour la vitesse de l'eau passant par les ouvertures.

M. Boulé adopte 4,35 *m* par seconde pour l'écoulement par les vannes du barrage à cascades qu'il propose (*Génie Civil*, du 8 décembre 1894). Nous croyons que, dans la solution de M. Baudot, il y aurait lieu de prolonger les tuyaux assez loin à l'aval et de ménager la sortie de l'eau sur une plus grande section pour que la vitesse d'écoulement final dans le fleuve fût modérée.

Sauf la petite partie du débit total dont il vient d'être parlé, les eaux de la crue suivent les canaux latéraux, où leur cours est réglé par des barrages mobiles. Ce principe, emprunté à l'avant-projet de M. Jacquet, nous parait offrir la plus grande somme de sécurité et de certitude pour l'établissement comme pour le fonctionnement du réservoir.

Les figures 4 à 9 de la planche 194, donnent l'indication des principaux détails des ouvrages. Il n'y a pas lieu d'insister sur ces dispositions qui paraissent conformes aux règles usuelles de la construction et qui, d'ailleurs, pourraient être modifiées au moment de l'exécution.

Le mémoire explique comment se feront les passages de bateau dans le canal de navigation selon les niveaux variables d'amont et d'aval par la combinaison d'un bateau-vanne et de cinq portes d'écluse à deux vantaux qui serviront selon les dénivellations à franchir.

Il indique aussi les dimensions et le mode de fonctionnement des canaux d'écoulement et de leurs régulateurs qui n'offrent rien de particulier. Enfin, il décrit sommairement le rôle du canal d'irrigation creusé dans le rocher sur 35 *m* de largeur, capable de débiter au moins 400 m^3 par seconde, lorsque le lac est à son bas niveau de 94 *m* à l'amont.

En résumé, l'ensemble et les détails ont été suffisamment précisés pour obtenir un avant-métré de tous les ouvrages, ce qui permet d'avoir une estimation de la dépense par comparaison avec d'autres projets. M. Baudot ne fait pas cette estimation, mais en appliquant les prix adoptés par M. Willcocks, aux quantités mesurées des divers travaux, on obtient un total de 35 millions de francs, soit 1 350 000 L. E. Ce n'est que les 2/3 environ du chiffre de M. Willcocks et le 1/3 seulement de l'estimation faite sommairement par M. Jacquet pour un ouvrage, il est vrai, beaucoup plus élevé et d'une capacité double.

Ramené à ces proportions, le projet de réservoir au Djebel Selsileh, parait très séduisant et il semble d'une valeur pratique très réelle. Il constituerait un premier pas à faire pour l'aménagement des eaux du Nil et tracerait la voie à suivre pour la réalisation de cette grande pensée.

Les deux seules objections qui restent à résoudre sont la nature de grès du rocher de fondation, et la submersion d'Assouan.

Quant à la première, l'opinion de Sir Scott Moncrieff, que nous avons reproduite, parait être la meilleure réponse à faire *à priori*, ce qui ne dispenserait pas, comme y engage d'ailleurs M. Baudot, de faire des sondages dans le lit du fleuve pour reconnaître la nature exacte des couches de grès, leur épaisseur et leur gisement et d'employer même une dépense notable à cette exploration du sol car, en présence des avantages de ce site pour la création d'un réservoir principal, on ne saurait l'abandonner sans plus ample informé.

L'île de Philœ étant, comme nous l'avons dit, préservée de l'inondation, dans l'objection de la submersion d'Assouan, c'est plutôt de la partie basse de la ville qu'il s'agit, car les vieux remparts ne sont pas atteints. On est en présence d'une ville arabe de 3 à 4 000 habitants, bien diminuée de son importance ancienne, qui a quelque 800 *m* de longueur, dont les maisons sont construites en terre et qu'un port au pied des récifs de la cataracte fait vivre pour la plus grande partie. Aucun vestige dans ce bas niveau ne subsiste de l'ancienne et prospère cité; il n'y a ni monument ancien ni ruine artistique de quelque valeur; il ne semble donc pas bien difficile de déplacer cette petite population par voie d'expropriation, d'autant plus que, si les rapides sont supprimés, le port n'aurait plus sa raison d'être à cet endroit.

On ferait, pour l'utilité publique du pays, ce que fit la peste de

l'année 806, qui ravagea la ville romaine, lui enleva, dit-on, 20 000 habitants et causa l'abandon des quartiers bas, pour ceux construits par les Sarrazins sur le penchant de la colline.

L'objection ne constitue donc pas au fond un obstacle sérieux à l'adoption du projet; M. Willcocks évalue, pour ce projet, à moins de 10 millions de francs, la somme à valoir y compris l'expropriation pour la ville et les cantonnements d'Assouan.

En ajoutant cette somme à l'évaluation des ouvrages sus-indiqués : 35 millions de francs, on atteindrait une dépense de 45 millions de francs, c'est-à-dire ce qu'a coûté l'Opéra de Paris, œuvre qui certainement n'a pas la prétention d'atteindre pour la France l'utilité primordiale que le réservoir de Djebel-Selsileh aurait pour l'Égypte, car cette création, serait en réalité, la réédification du Lac Mœris avec, en surplus, de nouveaux avantages.

Nous souhaitons donc vivement que le travail si complet et si bien étudié de notre Collègue M. Baudot aide à la solution prochaine de la question des réservoirs du Nil.

LES
ORDURES DES VILLES
LEUR TRAITEMENT PAR LA VAPEUR D'EAU SOUS PRESSION
ET LEUR UTILISATION

PAR

M. Ch. DESBROCHERS DES LOGES

I

Enlèvement des ordures des villes.

Les déchets solides de la vie humaine comprenant :

1° Les ordures ménagères proprement dites ou déchets des habitations, abstraction faite des matières excrémentielles,

2° Les détritus des marchés,

3° Les balayures des rues,

groupés, sont dénommés, en France, ordures ménagères, immondices ou *gadoues*, en Angleterre, *refuse*, aux Etats-Unis, *garbage*.

Le poids du mètre cube de ces matières varie, en général, suivant les villes, et aussi suivant les saisons, de 550 à 650 *kg*, et on peut en évaluer la production moyenne à 700 *g* par jour et par habitant.

Autrefois, l'enlèvement des ordures des villes procurait un bénéfice à la plupart des municipalités. Alors, il est vrai, les engrais artificiels étaient encore inconnus, et la gadoue était recherchée comme fumure pour les terres. Depuis longtemps déjà, il n'en est plus ainsi, et l'enlèvement est devenu fort onéreux. Voici, en peu de mots, comment on l'effectue aujourd'hui à Paris.

L'enlèvement de la gadoue parisienne fait l'objet de marchés par adjudications, d'une durée de plusieurs années, le nombre des lots étant égal à celui des arrondissements. Les entreprises doivent fournir les tombereaux, attelages et charretiers nécessaires à leurs lots ; pour chacun d'eux, le service de l'enlèvement

est divisé en un certain nombre d'itinéraires dressés, en fin d'année, par les entrepreneurs, et approuvés par le directeur administratif des travaux de la ville.

Les principales prescriptions, du reste, non toujours observées, sont les suivantes :

Le propriétaire de chaque immeuble (arrêté préfectoral du 7 mars 1884) doit mettre à la disposition de ses locataires, à partir de neuf heures du soir, un ou plusieurs récipients communs, de dimensions déterminées, destinés à recevoir les ordures ménagères de la maison. Ces récipients doivent être parfaitement entretenus, et munis de couvercles mobiles, enlevés avant le dépôt fait au dehors de la maison.

S'il est défendu aux chiffonniers de répandre les ordures des récipients sur la voie publique, il leur est permis, toutefois, d'en faire un triage sur une toile, à la condition de recharger ensuite les matières.

Du 1er avril au 30 septembre, l'enlèvement de la gadoue a lieu de 6 heures et demie à 8 heures et demie du matin; du 1er octobre au 31 mars, ce travail s'effectue entre 7 et 9 heures. Le passage des tombereaux sur chaque itinéraire, pendant la durée de l'enlèvement quotidien, doit être signalé par le son d'une cloche.

Les véhicules doivent être solides, étanches et toujours maintenus en parfait état d'entretien.

L'enlèvement des récipients d'ordures se fait à la main ou au moyen de monte-charges fournis par l'administration.

Quel que soit le modèle de tombereau, le chargement ne doit jamais dépasser les hausses, et ces dernières ne doivent jamais être relevées, de façon à laisser un vide entre leur bord inférieur et les ridelles du véhicule.

L'enlèvement des tas formés par le balayage de la voie publique doit toujours être effectué d'une manière complète.

Les charretiers desservant les tombereaux opèrent leur chargement avec l'aide des ouvriers, hommes ou femmes, fournis et payés par l'administration.

Tous les produits contenus dans les récipients ou amassés sur la voie publique appartiennent à l'entrepreneur qui peut en tirer tel parti qu'il jugera convenable, soit en les livrant à l'agriculture, soit en les traitant dans des usines.

Actuellement, la ville de Paris paye aux entreprises une somme de 2 250 000 *f* environ pour l'enlèvement de 590 000 *t* d'immon-

dices (3,80 *f* par 1 000 *kg*), ce tonnage représentant un cube de plus de un million de mètres.

Cependant, aujourd'hui, les immondices, collectées à grands frais, ne trouvent que de faibles débouchés, et toutes les grandes villes, aussi bien en France qu'à l'étranger, se préoccupent, non sans raison, de l'enlèvement de leurs détritus.

A New-York, et dans d'autres ports, on en arriva à jeter simplement, à la mer, la gadoue, au fur et à mesure de la collecte ; mais les matières étaient ramenées au rivage, et ce procédé, un peu trop primitif, n'était pas sans présenter de graves inconvénients au point de vue de l'hygiène.

Depuis, on s'est ingénié, comme nous le verrons bientôt, à appliquer aux immondices des traitements plus ou moins satisfaisants. Ici, c'est la question hygiénique qui prédomine dans la solution du problème ; là, c'est au résultat économique qu'on semble attacher le plus d'importance.

II

Utilisation agricole.

En France, jusqu'à ce jour, on s'est plutôt préoccupé d'employer la gadoue recueillie, sans aucun traitement, pour les besoins de l'agriculture. Le plus souvent, la gadoue est utilisée verte, c'est-à-dire aussitôt la collecte faite. Mais, son emploi étant intermittent, suivant les besoins des terres, et suivant les saisons, on a dû également en faire des dépôts, et l'employer à l'état de gadoue noire (matière ayant six mois d'existence). Dans l'un et l'autre cas, la fermentation qui commence le troisième jour, à l'air libre, en produisant des odeurs nauséabondes, n'est pas sans causer de graves préjudices aux régions qui reçoivent ces immondices. Aussi n'est-il pas surprenant que les communes suburbaines de Paris commencent à se plaindre du don plutôt désagréable que leur fait la capitale. Il est bon d'ajouter que certains vents aidant, les odeurs n'ont pas grand mal à gagner Paris même. La question de l'enlèvement des gadoues et celle de leur traitement sont aujourd'hui tellement à l'ordre du jour que deux commissions, chargées de faire une étude sur ces sujets, viennent d'être nommées, d'une part par le conseil général de la Seine, d'autre part par le conseil municipal de Paris. L'administration préfectorale doit bientôt, de son côté, constituer une commission

administrative qui devra, vraisemblablement, s'entendre avec celles des corps élus.

C'est à tort, croyons-nous, qu'on semble attacher, aujourd'hui encore, en France, une trop forte valeur à la gadoue verte, comme utilisation agricole ; et c'est sans doute ce qui explique la ténacité des partisans de son transport.

Cependant, son emploi, tout en étant contraire à l'hygiène, n'est pas sans présenter également maintes difficultés et aussi des inconvénients plus grands que les avantages qu'on en peut tirer.

La gadoue verte contient, certes, en assez forte quantité, les quatre éléments essentiels à la culture, et elle est donc par cela un engrais complet. D'après les divers essais effectués, en 1885, par MM. Muntz et Girard, en 1893, par M. Hélouys, les ordures de Paris contiennent en général :

Pierre, verre, porcelaine, etc	72
Eau	367
Matières minérales.	391
Matières organiques	170
	1 000

Sa composition chimique moyenne, pour les quatre éléments essentiels, est la suivante :

Azote	4,1 *kg*
Acide phosphorique	4,3
Potasse	4,4
Chaux	28,4

Et, si l'on tient compte des prix marchands de ces quatre principes fertilisants :

Azote.	4,1 *kg*	à 1,10 *f*	= 4,51 *f*
Acide phosphorique	4,3	à 0,30	= 1,29
Potasse.	4,4	à 0,40	= 1,76
Chaux	28,4	à 0,01	= 0,28
			7,84 *f*

On trouve ainsi une somme totale de 7,84 *f* par tonne d'immondices.

Il résulte donc de ces recherches que la gadoue verte, théoriquement du moins, a une valeur assez élevée. Pratiquement en est-il réellement ainsi ? Certes non. Ces ordures, qui d'après leur composition, devraient être vendues près de 10 *f* la tonne, car il serait bon de tenir également compte de leur forte teneur en matières organiques, atteignent simplement une valeur marchande de 0,50 *f* à 1 *f* !

Les partisans théoriciens de l'emploi de la gadoue verte s'en prennent aux tarifs de transports qui, disent-ils, sont par trop élevés. Mais, si malgré les forts abaissements de tarifs consentis, depuis quelques années, par les Compagnies de chemin de fer (réduction moyenne de 60 0/0), le tonnage effectué par voie ferrée a augmenté, les immondices n'ont pas réussi à dépasser, par commandes un peu importantes, 50 à 60 *km*. Le transport par eau est encore beaucoup moindre que celui par chemins de fer, ce qui s'explique sans doute, assez facilement, par suite de la fermentation qui commence, dans ces transports lents, avant le déchargement.

Les agriculteurs praticiens se chargent, du reste, de donner la réplique aux théoriciens. Ils leur répondent qu'il ne suffit pas que la gadoue soit riche en principes fertilisants, si ces principes ne ne s'assimilent pas ou s'assimilent mal à leurs terres. Pourquoi, en effet, leur est-il nécessaire d'employer 70 à 80 *t* de gadoue par hectare, alors que 7 à 8 *hg* d'engrais artificiels moyens, qui contiennent dix fois moins des bases essentielles, sont suffisants pour la même superficie ? Si nous comparons, en effet, les teneurs des deux engrais employés dans la proportion ci-dessus, nous trouvons pour un hectare :

1° Gadoues.

Azote	4,1 *kg* × 70 = 287 *kg*
Acide phosphorique.	4,3 *kg* × 70 = 301 *kg*
Potasse	4,4 *kg* × 70 = 308 *kg*
Chaux.	28,4 *kg* × 70 = 1 988 *kg*

2° Engrais artificiel moyen.

Azote	3,5 *kg* × 7 = 24,5 *kg*
Acide phosphorique.	7 *kg* × 7 = 49 *kg*
Potasse	11 *kg* × 7 = 77 *kg*
Chaux.	16 *kg* × 7 = 112 *kg*

C'est sans doute que la gadoue étant loin d'être homogène, les matières fertilisantes qu'elle contient, non divisées, ne sont pas répandues comme il conviendrait sur toute l'étendue du terrain. Là où le dépôt de gadoue sera très riche en principes fertilisants, la végétation sera même trop intense, et on aura des plantes sans doute superbes en feuilles, toutefois peu chargées de graines ou de fruits; là, par contre, où la gadoue sera pauvre, la culture dépérira. Les agriculteurs ont, du reste, bien d'autres griefs à reprocher aux immondices qu'on voudrait leur infuser: fortes dépenses pour charrier la gadoue de la gare destinataire aux champs de culture, dans un délai qui les oblige à louer nombre de chevaux et de voitures, dès que le trajet est un peu long, ou dès que la commande est un peu forte; main-d'œuvre également élevée pour répandre ces nombreuses tonnes d'immondices sur le terrain; réception sans commande, avec la matière utile, de pierres, verre, porcelaine, pouvant blesser les animaux, et représentant, chaque année, sur un hectare, d'après la composition indiquée, 5 000 à 6 000 *kg*! Si nous ajoutons à ces graves inconvénients que la manutention des ordures en fermentation ne doit pas être très agréable, nous comprendrons assez facilement que l'agriculteur n'ait pas d'engouement pour la gadoue de ville.

Et cependant, il faut bien se débarrasser de ces immondices, dont le coût d'enlèvement augmente chaque année, et dont les vastes dépôts présentent de si nombreux inconvénients.

III

Divers procédés de traitement.

L'objet principal de notre communication étant le traitement des ordures de villes par la vapeur d'eau, nous ne ferons que passer très rapidement en revue les divers procédés appliqués ou proposés, depuis quelques années, tant en France qu'à l'étranger. Ces méthodes ont du reste toutes pour objet l'utilisation au moins partielle des immondices.

Jusqu'à ce jour, on a principalement recherché la solution du problème dans la combustion des ordures. En Angleterre où le système par incinération des refuse a été le plus étudié, on parait avoir, aujourd'hui, résolu la question dans cet ordre d'idées.

Après maints essais médiocres tentés depuis 1870, dans des fours spéciaux qui ne donnèrent pas, tout d'abord, des tempé-

ratures assez élevées, on s'est enfin arrêté principalement aux types Fryer, Warner et Horsfall qui, par leurs dispositions spéciales, que nous ne pouvons décrire complètement ici, semblent produire des résultats satisfaisants. Avec ces fours, les refuse sont déchargées sur une plate-forme supérieure d'où, par une trémie, elles tombent sur une tôle de dessiccation à pente raide, pour arriver enfin sur la grille de combustion.

Les fumées et les gaz sortent par des carneaux situés généralement sur les côtés et à l'avant de la cellule (Warner) ou dans la voûte même, à réverbère (Horsfall), brûlant ainsi dans la partie la plus chaude du foyer.

Aussi, si les premiers fours à incinérer envoyaient autrefois, dans l'atmosphère, des gaz d'une odeur désagréable provenant d'une combustion incomplète, il peut n'en être plus de même aujourd'hui avec ces appareils perfectionnés. En arrivant, en effet, à 800° et 900° avec le tirage forcé à vapeur (Horsfall), on ne projette ainsi dans l'atmosphère que des gaz inoffensifs, ayant une teneur de 2 à 3 0/0 seulement d'acide carbonique.

D'autre part, les refuse apportées aux appareils d'incinération et brûlées au jour le jour, n'ont pas le temps de fermenter, et il ne peut donc se produire de ce fait aucune mauvaise odeur pour le voisinage.

Les refuse, en Angleterre, sont autocomburantes, et par suite de leur richesse en combustible, de la haute température obtenue, les gaz peuvent être, en général, avantageusement utilisés pour production de vapeur. Les dépenses d'exploitation par l'incinération y sont donc relativement peu élevées : la destruction proprement dite (abstraction faite de l'enlèvement et des transports) qui demande d'ordinaire un ouvrier pour conduire deux cellules, c'est-à-dire un homme par cellule et par vingt-quatre heures, revient en moyenne à 1,75 *f*, en comprenant l'entretien et l'amortissement des installations. Ce prix s'entend en employant les chaleurs obtenues, à l'effet de produire de la vapeur, et en utilisant les résidus de la combustion.

On peut surtout reprocher à l'incinération de verser en pure perte dans l'atmosphère une source de produits utilisables pour l'agriculture. Les cendres et les mâchefers recueillis ont, en effet une valeur fertilisante si faible que ces résidus de la combustion, dont le tonnage est d'environ 25 0/0 de celui des refuse, sont employés surtout, additionnés de chaux, pour la confection de ciments spéciaux, et vendus avec peine à raison de 4 *f* la tonne.

Aux États-Unis également, puis à Berlin, à Hambourg, à Bruxelles, on a établi, depuis quelques années, des fours à incinérer les ordures.

Ces divers appareils, analogues aux fours anglais, paraissent du reste donner généralement des résultats moins satisfaisants qu'en Angleterre.

De même que les grandes cités étrangères, Paris a voulu tenter, il y a deux ans, un essai d'incinération et, à cet effet, un four *ad hoc* a été établi quai de Javel. L'installation à l'usine du pavage en bois n'a pas pris d'extension depuis cette époque; aussi peut-on vraisemblablement en conclure que l'expérience n'a pas donné tous les résultats qu'on en attendait. Le traitement des ordures avec les fours à incinérer dans lesquels la combustion est très lente, même en Angleterre (8 *t* en bonne marche moyenne, par cellule et par vingt-quatre heures), serait, du reste, probablement assez dispendieux en France. En effet, la gadoue parisienne ne paraît pas assez autocomburante pour brûler facilement, en toute saison, sans addition de houille ; en tout cas, sans ce mélange, ses gaz de distillation semblent manquer d'un pouvoir calorifique suffisant pour être utilisés avantageusement à la production de vapeur. Aussi, les dépenses d'installation (une cellule par 10 000 habitants) et de main-d'œuvre étant déjà assez fortes pour le système par incinération, et d'autre part les recettes ne devant vraisemblablement consister que dans la vente de cendres d'une valeur minime, il est douteux que ce procédé puisse permettre chez nous un équilibre financier avantageux pour les municipalités.

Procédé Weil et Posno. — M. Weil a proposé d'opérer une distillation de la masse de gadoue en vase clos, à haute température. Des essais qui ont été faits suivant ce procédé, par la Ville de Paris, il résulte qu'on obtient, à une température de 800 à 900°, et après un triage grossier, un résidu solide représentant en poids de 35 à 40 0/0 de la gadoue primitive. Ce solide, d'une teneur faible en carbone, est un mauvais combustible et paraît donner un engrais de peu de valeur, par suite de son manque d'azote. Les eaux ammoniacales recueillies (35 à 45 0/0) demanderaient vraisemblablement un traitement trop coûteux. Enfin, les 200 m^3 de gaz combustibles, provenant de la distillation, n'ont pas un pouvoir calorifique assez fort pour suffire à ce traitement. C'est ce qui a fait songer à M. Posno d'ajouter de la houille dans les appa-

reils de la distillation; mais cette amélioration ne semble pas, du reste, avoir produit des résultats assez satisfaisants pour une bonne exploitation.

Procédé Defosse et Hélouis. — M. Defosse a, d'autre part, essayé de brûler la gadoue en grande masse, avec tirage forcé, se contentant de laver les fumées. M. Hélouis a complété l'opération, en utilisant la chaleur de combustion de la gadoue, pour sécher les immondices amenées automatiquement au foyer. Ces divers essais, jusqu'à ce jour, sont restés sans application pratique, ce qui permet de douter de l'efficacité des procédés.

Procédé Simonin. — Aux États-Unis, à Cincinnati et à la Nouvelle-Orléans, c'est le procédé Simonin qui est en honneur. Après un triage grossier, on traite le garbage (dépourvu de cendres, ainsi que nous le verrons) par la benzine ou le naphte, afin de retirer les matières grasses très abondantes dans les ordures américaines. Le combustible étant d'autre part bon marché, on sèche ensuite la masse qu'on broie et qui est utilisée enfin comme engrais.

Nos gadoues parisiennes ne sont évidemment pas assez riches en graisse pour user d'une semblable méthode.

Ancien procédé anglais. — A Londres, on avait essayé de faire un triage méthodique et mécanique de la refuse, afin de séparer d'une part les corps légers, tels que papiers, chiffons, paille, et d'autre part les éléments aussi vendables et plus lourds, les os, le fer, le verre, etc. Le combustible étant également mis de côté, et les pierres rejetées, il restait enfin un résidu qu'on pulvérisait et qui était vendu comme engrais.

Il est évident que ce traitement ne saurait convenir absolument à Paris, la gadoue étant pauvre en combustible et ayant, d'autre part, été parfaitement écrémée par une multitude de chiffonniers.

Procédé Tenin. — MM. Tenin et Serrin, à Saint-Ouen, depuis huit à dix mois, traitent de la façon suivante de la gadoue parisienne : triage à la main de la plus grande partie des matières telles que pierres, verre, chiffons, papier, etc.; ensuite, broyage de la gadoue, afin de réduire en petits morceaux les matières inorganiques solides qui ont échappé au triage.

Ce procédé, qui a beaucoup de rapports avec la méthode précédente, est donc un simple traitement mécanique. Toutefois, nous devons reconnaître que l'installation établie par M. Tenin,

à la gare de Saint-Ouen-les-Docks, est remarquable en ce sens que tout le travail s'y effectue automatiquement.

Les voitures d'immondices viennent déverser leur contenu dans des cuves cimentées où la gadoue est ensuite puisée par des chaînes à godets qui viennent se vider sur des toiles sans fin.

Ces tabliers sont animés d'un mouvement assez lent, ce qui permet à des chiffonniers de procéder assez facilement au triage à la main, avant que la gadoue ne soit remontée, par une chaîne centrale à godets, dans des trémies situées à la partie supérieure de l'usine. De là les immondices tombent sur des broyeurs, et à leur sortie de ces appareils, elles peuvent être chargées automatiquement sur des wagons. La main-d'œuvre du tri n'est pas payée, les chiffonniers conservant pour eux les matières retirées par triage.

L'usine de Saint-Ouen paraît ainsi traiter journellement une centaine de tonnes d'immondices, c'est-à-dire le vingtième environ de la production de la ville de Paris.

Nous avons mentionné les divers reproches adressés à la gadoue verte, et si l'enlèvement ou le broyage de certains corps inertes présente certes un sérieux avantage, les autres inconvénients inhérents aux immondices subsistent après le traitement de M. Tenin. Par suite du broyage, la fermentation de la masse est même activée, aussi l'expédition doit-elle être immédiate et les wagons chargés, saupoudrés de chaux, afin d'éviter, en cours de transport, des senteurs mal odorantes.

Aussi, on peut se demander ce que deviendrait la masse ainsi traitée, pendant les saisons de chômage des engrais, en supposant que le procédé Tenin soit appliqué à une ville entière.

Procédé Merz. — Enfin, d'autres inventeurs ont songé à employer la vapeur pour le séchage des immondices.

Aux États-Unis, Buffalo, Saint-Louis, Millwanke, Détroit, depuis plusieurs années, traitaient le garbage par le procédé Merz.

Ce système consiste à chauffer et à sécher les ordures ménagères dans des dessiccateurs entourés de vapeur, sans que la matière soit en contact avec le fluide.

Un courant de naphte enlève les graisses dans des extracteurs, et les résidus solides sont vendus comme engrais, les gaz d'évaporation étant lavés puis brûlés. Avec ce procédé, on concilie déjà mieux, qu'avec les traitements ci-dessus, les desiderata de l'hygiène et de l'agriculture ; toutefois, ce mode de traitement

est assez onéreux, puisque les cités américaines qui l'ont adopté sont obligées de payer aux entreprises, 8 à 10 *f* par tonne, pour l'enlèvement des garbages.

C'est cependant dans cet ordre d'idées que furent, depuis, dirigées les recherches des inventeurs américains et nous démontrerons bientôt que leurs études ne furent pas vaines.

Procédé Sincholle et Echenoz. — Depuis, en France, MM. Sincholle et Echenoz ont songé à rendre le procédé Merz moins coûteux. Afin de faire une économie de vapeur, et par suite de combustible, nos compatriotes se sont proposés d'extraire tout d'abord, après un triage grossier de la gadoue, une partie de l'eau qu'elle contient, au moyen de presses hydrauliques.

Les résidus des presses seraient alors séchés puis broyés et vendus comme engrais, les gaz de la torréfaction étant également lavés puis brûlés.

Nous n'avons pas connaissance d'essais pratiques opérés dans ce sens, et nous doutons qu'aujourd'hui le procédé de MM. Sincholle et Echenoz ait chance d'une application sérieuse. L'Américain Arnold a, en effet, imaginé beaucoup mieux, et son système vient lui-même d'être perfectionné, ainsi que nous le verrons bientôt, par un de nos collègues.

IV

« Arnold system. »

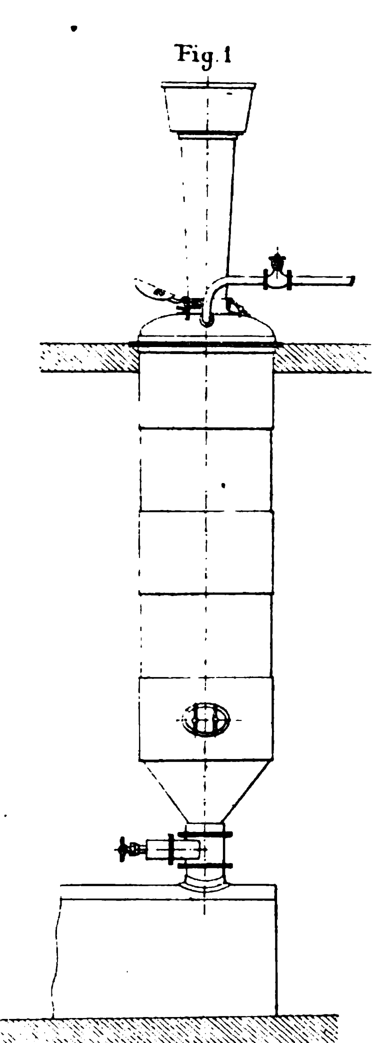
Le premier, en France, je crois, dès novembre 1896, j'ai eu l'occasion de décrire, avec figures à l'appui, l'*Arnold system*, adopté tout d'abord par la ville de Philadelphie.

Aujourd'hui, grâce à l'obligeance de M. Thomas, M. Thompson, directeur au *Department of public Works*, qui a bien voulu me faire des communications intéressantes et me mettre en rapport avec la direction de l'usine de Philadelphie, je puis fournir quelques renseignements encore inédits sur le traitement du garbage par le procédé Arnold, tel qu'il est pratiqué dans la cité américaine.

Rappelons tout d'abord que dans l'*Arnold system*, on cuit le garbage par de la vapeur sous pression, en contact direct avec les matières. On obtient ainsi, d'une part un liquide d'où l'on extrait les graisses, d'autre part un solide qui, successivement pressé,

séché, broyé, puis tamisé, donne une poudre fine ou *tankage* vendu un prix rémunérateur, comme engrais.

Le matériel d'usine se compose donc essentiellement d'autoclaves ou digesteurs, de presses hydrauliques, de dessiccateurs, de broyeurs et de tamiseurs.



Le garbage vert amené à l'usine est déversé dans une vaste soute d'où il est élevé mécaniquement aux autoclaves, au moyen de chaînes à godets et de tabliers sans fin sur lesquels des hommes poussent la matière, tout en faisant, au passage, un triage grossier. C'est ainsi que les corps inertes et sans valeur, tels que pierres, verre, porcelaine, sont retirés, d'une part, de la masse, avant sa cuisson, en même temps, du reste, que les matériaux de quelque prix, tels que boîtes à conserves, fer blanc, etc., sont jetés, d'autre part, dans des récipients destinés à les emmagasiner. Les immondices, amenées automatiquement dans un couloir en tôle qui règne au-dessus des autoclaves, sont déversées dans l'un quelconque des digesteurs, au moyen de trémies à manches qu'on place au-dessus des orifices des appareils à charger.

Les digesteurs de l'usine de Philadelphie, au nombre de 20, établis sur deux lignes parallèles, sont d'énormes cylindres verticaux (*fig. 1*) coiffés d'une calotte sphérique et terminés en cône à la base. Leur diamètre est de 1,60 *m* et leur hauteur de 5,50 *m*. Construits en tôle d'acier, de 15 *mm* d'épaisseur, ils sont fermés, au sommet, par des couvercles à charnières, avec garnitures de plomb pouvant être fortement serrées par des boulons à oreilles.

L'ouverture ou la fermeture, à la base, est obtenue au moyen d'énormes peet-valves qui ne mesurent pas moins de 0,40 *m* de diamètre ; un trou d'homme est également ménagé pour faciliter le déchargement, s'il y a lieu, à la partie inférieure de l'appareil. La contenance des digesteurs est de 7 à 8 *t* de matières. Aussitôt pleins, et les couvercles boulonnés, il est envoyé, dans ces autoclaves, un courant de vapeur qu'on maintient, pendant six à sept heures, à la pression de 4 à 5 *kg*. On obtient donc ainsi, à l'intérieur de l'appareil, une température de 152° à 159° centigrades, température, certes, très élevée, mais pénétrant cependant assez difficilement toute la masse, ce qui explique la longue durée de l'opération dans le digesteur.

Dans cette cuisson par la vapeur, la matière animale se dissout assez facilement, tandis que la matière végétale est, par contre, beaucoup plus résistante. Les diverses substances finissent par subir une grande modification ; et, tandis que les matières grasses, non décomposées à la température du traitement, sont entraînées en partie dans le liquide extrait du garbage et dilué par l'eau de condensation, les matières sucrées viennent elles-mêmes caraméliser ce liquide. La cuisson terminée, on ferme l'arrivée de vapeur, et on laisse le réservoir se refroidir quelque peu pour obtenir la condensation partielle de la vapeur à haute tension qu'il contient. L'opération de la coction s'effectue donc sans aucun dégagement gazeux et à une température telle qu'il est obtenu une stérilisation absolue du garbage. On ouvre ensuite la peet-valve, et le jet de vapeur odorante restant dans le cylindre s'échappe, sans avoir de contact avec l'atmosphère, pour se condenser bientôt dans un vaste caisson en tôle clos et placé au pied des digesteurs. Ce grand récipient métallique est destiné à recevoir également les liquides et les solides des appareils. Un caniveau grillagé, situé sur le fond de la caisse en tôle, récolte les liquides ainsi conduits dans des réservoirs où s'opère successivement l'écumage et la séparation des graisses, sans emploi d'agent chimique. Le liquide peu dense restant, après l'enlèvement des matières saponifiables, est envoyé dans une rivière qui coule à peu de distance de l'usine, et ce déversement n'a, jusqu'à ce jour, paraît-il, causé aucune réclamation de la part des riverains.

Du garbage américain, très riche en matières grasses, il est extrait 3 à 5 0/0 de graisse. Cette matière, qui est récoltée dans de grands réservoirs d'une contenance de 10 m^3 est vendue

à raison de 2 *cents* et demi la livre (450 *g*). Elle est, le plus ordinairement, expédiée à Hambourg, où on s'en sert comme lubrifiant, pour base dans la fabrication des pommades, des savons et autres articles de commerce et de toilette.

L'égouttage des parties solides étant terminé dans le caisson en tôle, ce dernier est ouvert, au droit du digesteur déchargé, et la matière, pelletée sur des wagonnets, est conduite aux presses hydrauliques. Ces puissants appareils, qui ont 1 *m* de largeur et 1,50 *m* de longueur, sont établis, au nombre de huit, sur une ligne parallèle à celle des digesteurs. Le liquide extrait par la presse s'écoule dans un caniveau situé au-dessous des hydro-extracteurs et gagne de là les bacs ayant déjà reçu les liquides provenant directement des autoclaves.

Au sortir des presses, les solides se trouvent donc débarrassés de la plus grande quantité de leur liquide ; il s'agit toutefois de les dépouiller, autant que possible, de leur reste d'humidité. A cet effet, les solides, étant pressés, sont wagonnés à des dessiccateurs formés de grands cylindres à enveloppe de vapeur.

Chargé à l'une des extrémites des appareils, le garbage à sécher est mis constamment en mouvement, à l'aide d'agitateurs mécaniques, et sort à l'autre extrémité du dessiccateur suffisamment dépouillé de son humidité.

Un ventilateur, en communication avec les cylindres sécheurs, aspire les vapeurs produites par la masse, et les refoule dans un réservoir de condensation. Au sortir des dessiccateurs, au nombre de quatre, les solides n'ont plus à l'analyse que des traces insignifiantes d'humidité.

Très friables, ils sont alors conduits à des broyeurs qui les pulvérisent avec facilité et, enfin, soumis à des tamis qui retiennent les déchets mélangés ensuite au combustible pour l'alimentation des chaudières.

La série d'opérations que nous venons d'indiquer a donc fourni finalement le garbage sec ou tankage, obtenu à l'état de poudre sans odeur, et complètement stérilisé. La matière ainsi produite peut être conservée en sac ou en vrac; exempte d'humidité elle semble réfractaire au développement des ferments.

Le tankage qui, par sa composition en principes fertilisants, a une valeur théorique d'environ 37,50 *f*, se vend couramment à Philadelphie à raison de 7 dollars la tonne comme engrais recherché; il ne représente, il est vrai, que 15 0/0 en poids du garbage vert.

Cette forte réduction de la masse par la cuisson s'explique assez facilement, si on tient compte qu'aux États-Unis, dans la plupart des villes, les ordures ménagères ne comprennent pas les cendres de l'habitation, enlevées par des entreprises spéciales. Le garbage vert américain contient donc peu de matières inertes; il est composé principalement de débris de fruits et de légumes, et par suite, il a une très forte quantité d'eau.

L'usine de Philadelphie qu'exploite l'*American Product C°* et qui traite, par vingt-quatre heures, 450 *t* de garbage, a une superficie de 1 800 m^2. L'installation du matériel qui comprend, outre les appareils décrits, une puissante batterie de chaudières, une machine Corliss de 75 *ch*, et les machines électriques qui donnent l'éclairage à 300 lampes à incandescence, a coûté 125 000 dollars.

Le visiteur qui pénètre dans cet établissement croit, avec peine, parcourir des locaux où il n'est traité que des immondices, car partout il y règne une grande propreté, et nulle part il ne s'y dégage de mauvaises odeurs.

M. Thomas-M. Thompson, directeur au département des Travaux publics, me dit être très satisfait de l'efficacité du nouveau procédé et des résultats obtenus depuis juillet 1895, époque à laquelle a été concédé à l'*American Product C°* le traitement du garbage pour trois districts de la ville.

La cité de Philadelphie, qui est divisée en cinq arrondissements, fait traiter, depuis plusieurs années, le garbage des deux autres districts par *The Philadelphia incinerating C°*, au moyen de l'incinération dans des fours à récupérateurs.

La ville de Philadelphie qui a une superficie étendue (129 milles carrés), pour une population actuelle de 1 250 000 habitants, produit environ, par année, 300 000 *t* de garbage. Elle a prévu à son budget de 1897, une somme de 322 500 dollars, pour l'enlèvement des immondices. Bien que la ville soit peu dense, et que, par suite, les transports de garbage y soient dispendieux, la main-d'œuvre étant, d'autre part, d'un prix élevé aux États-Unis, le coût de l'enlèvement des ordures ne revient donc, à Philadelphie, en moyenne qu'à 5,60 *f* par tonne, la moitié du garbage étant du reste toujours traité par incinération, ce qui est plus coûteux. Si nous ajoutons à cela les conditions imposées aux entrepreneurs d'enlever les immondices avec des voitures spéciales et devant circuler la nuit, on reconnaîtra que l'indemnité, relativement faible, donnée par la cité est sans doute une preuve que le traitement par le procédé Arnold est fructueux.

Aux États-Unis et en particulier à Philadelphie, les règlements de police municipale concernant la voirie sont assez sévères; en voici d'ailleurs quelques extraits à titre de renseignements :

Aucune installation pour la destruction des ordures ne peut être admise à une distance moindre de 1 500 pieds de toute maison d'habitation.

Le garbage doit être enlevé par les entrepreneurs entre six heures du soir et cinq heures du matin, au moyen de tombereaux en fer, étanches, couverts, tenus proprement et d'une contenance d'environ une tonne de matières.

Les ordures ménagères doivent être déposées dans des récipients étanches, fermés et placés généralement, avant l'heure d'enlèvement, dans une soute recouverte par un tampon et située en avant de la maison, sous la voie publique.

Les papiers et les cendres qui doivent être déposés dans des récipients spéciaux, ne sont pas à enlever par l'entreprise du garbage.

Des amendes qui peuvent être infligées aux entrepreneurs, nous remarquons les suivantes :

Pour négligence d'enlever les ordures, 5 dollars par maison; pour tombereaux de garbage non fermés ou non bâchés, trop chargés ou infectés, 5 dollars par voiture.

Les retenues décidées par le directeur des travaux publics sont sans appel.

Il est juste d'ajouter que M. Thomas-M. Thompson me dit n'avoir que rarement à se montrer sévère, étant très satisfait du travail des concessionnaires.

Le procédé Arnold ayant donné de fort bons résultats à Philadelphie, la cité de New-York ne pouvait guère rester indifférente à ce mode de traitement. Aujourd'hui, en effet, l'Arnold system est adopté pour une partie de la ville où il fonctionne depuis le 1er août 1896, exploité par *the New-York Sanitary Utilization Cie*, concessionnaire des licences Arnold. Maintenant Brooklyn traite également le garbage par la vapeur sous pression, et l'Arnold system est actuellement à l'étude pour plusieurs grandes cités : Chicago, Baltimore, Louisville.

V

Résultats d'essais de traitement par la vapeur d'eau ; emploi de vapeur fluente dans des appareils mobiles.

D'après l'extension de ce mode de traitement, pas de doute que le système Arnold ne présente de sérieux avantages pour les cités américaines. Il s'agissait cependant de savoir ce que donnerait ce procédé en France, appliqué en particulier à notre gadoue parisienne.

Aussi est-ce avec empressement que j'ai saisi, il y a quelques mois, l'occasion qui m'a été offerte, d'étudier, à Paris, les éléments encore inconnus du problème. J'ai pu suivre, tout d'abord, des essais du procédé Arnold lui-même, puis d'autres expériences faites avec un perfectionnement intéressant de cette méthode.

J'ai le plaisir de dire que c'est à un de nos collègues, M. Le Blanc, que je dois de pouvoir communiquer aujourd'hui une partie des renseignements complémentaires qui suivent.

Les essais exécutés à l'usine de la rue du Rendez-vous, ont porté sur des gadoues récoltées dans le XIe arrondissement, dont un quart provenant du marché Lenoir.

Enfermés dans un autoclave *ad hoc* d'une contenance de près de 2 m^3, les immondices ont, tout d'abord, été traitées par le procédé Arnold, c'est-à-dire par de la vapeur, à 4 *kg* de pression, renouvelée dans l'appareil, au fur et à mesure de la condensation effectuée dans la masse. La coction ayant duré six heures, l'autoclave fut ouvert, et la masse assez réduite, ayant été reconnue suffisamment cuite, le liquide et le solide furent recueillis séparément.

Le solide soumis à la presse, desséché, puis pulvérisé, les déchets étant enlevés, fut pesé, et son poids reconnu de 50 0/0 de celui de la gadoue verte primitive. Ce premier résultat pratique, obtenu avec la gadoue parisienne, était donc déjà sensiblement différent de celui indiqué pour le garbage américain (tankage 15 0/0). Nous avons dit, il est vrai, que le garbage d'Amérique contenait beaucoup d'eau et pas de cendres, et il est bon d'ajouter que la gadoue traitée à Paris, cet hiver, était une gadoue peu riche en légumes et, par contre, assez chargée en

cendres. La matière obtenue, après pulvérisation, représentait l'aspect d'une poudre terreuse n'offrant aucune odeur.

On pouvait, d'autre part, conclure des essais qu'il y a lieu d'employer environ 100 *kg* de charbon pour le traitement d'une tonne de gadoue.

Il était certes intéressant de connaître, en outre, la composition, tant de l'engrais solide que du liquide extrait de la masse après cuisson. Des échantillons de ces matières ont donc été soumis à l'analyse, et voici les résultats obtenus :

A. — ÉCHANTILLON SOLIDE.

Humidité	17,50
Matières organiques	310,40
Matières minérales	353,70
Silice, silicates, oxyde de fer, et corps non décomposables par les acides	318,40
	1 000,00

1° *Matières organiques, renfermant par kilogramme :*

Azote albuminoïde	6,86 *gr*
Azote ammoniacal	» »
Matières grasses extraites par l'éther, et saponifiables	9,86

2° *Matières minérales, renfermant par kilogramme :*

Acide phosphorique	7,92 *gr*
Potasse	3,63
Chaux	71,40

B. — ÉCHANTILLON LIQUIDE.

Eau	957,60
Matières organiques	25,40
Matières minérales	13,92
Silice, silicates, oxyde de fer, et corps non décomposables par les acides	3,08
	1 000,00

1° *Matières organiques, renfermant par kilogramme :*

Azote albuminoïde	1,70 *gr*
Azote ammoniacal	0,28
Azote nitrique (traces)	»
Matières grasses extraites par l'éther, et saponifiables	4,35

2° *Matières minérales, renfermant par kilogramme :*

Acide phosphorique	2,55 *gr*
Potasse	1,90
Chaux	3,97

Il résulte de ces intéressants essais que 22 0/0 environ de l'azote et de l'acide phosphorique sont entraînés dans le liquide, alors que la proportion de potasse diluée s'élève à environ 33 0/0 ; le le liquide, par contre, est relativement peu riche en chaux.

Si nous tenons compte de la réduction du solide et de l'entraînement des matières dans le liquide, nous retrouvons donc sensiblement la teneur moyenne des principes fertilisants reconnue à la suite des analyses opérées sur la gadoue verte, par MM. Müntz, Girard et Hélouys.

Quant aux graisses, un tiers à peine se retrouve dans le liquide, la partie solide en conservant la plus grande quantité.

Si nous supposons pour les corps ci-dessus les prix indiqués d'autre part, nous trouvons que l'engrais solide donne, par 1 000 *kg* :

Azote	6,86 *kg*	à 1,10 *f* =	7,55 *f*
Acide phosphorique. . .	7,92	à 0,30 *f* =	2,38
Potasse	3,63	à 0,40 *f* =	1,45
Chaux.	71,40	à 0,01 *f* =	0,71
Soit une valeur théorique, par tonne, de			12,09 *f*

Les résultats pratiques indiqués ci-dessus, fournis par des gadoues moyennes convenablement choisies, sont d'autant plus importantes qu'ils démontrent que les prévisions faites, il y a quelques semaines, dans des études sans doute intéressantes, mais purement théoriques, ayant trait au procédé Arnold appliqué à Paris, étaient très inexactes.

Si le tankage sec obtenu en hiver a été trouvé de 50 0/0 du poids de la masse traitée et relativement peu chargée d'eau, il

faut sans doute ne prévoir qu'un tankage d'environ 40 0/0, en été, avec une teneur de principes fertilisants sensiblement équivalente, alors que la gadoue parisienne contient beaucoup de débris de fruits et de légumes et peu de cendres.

En supposant donc un engrais sec moyen de 45 0/0, provenant des gadoues parisiennes, on s'écartera vraisemblablement très peu de la réalité.

D'après les expériences faites, la quantité de graisse pouvant être extraite du liquide, ne ressort, d'autre part, qu'à 2 *kg* par tonne de gadoue verte, au lieu de 10 *kg* annoncés, *a priori*, comme évaluation faible !

La valeur théorique des produits marchands extraits des 590 000 *t* de gadoues parisiennes, par le procédé Arnold, serait donc :

Engrais.	590 000 *t* ×	0,45 =	265 500 *t*	à 12,09 *f* =	3 209 895 *f*
Graisses	590 000 *t* ×	0,002 =	1 180 *t*	à 250,00 *f* =	295 000
				Soit une somme totale de.	3 504 895 *f*

au lieu du chiffre de 5 700 000 *f* qui avait été prévu récemment.

Si, en effet, la potasse en dissolution dans les liquides (un tiers) n'est pas en aussi forte proportion qu'on le pensait (deux tiers), par contre, l'entraînement des matières azotées et phosphoriques (un quart) n'est pas négligeable comme on le supposait. On admettait, d'autre part, un poids de graisse quintuple de celui pouvant être extrait réellement, sans songer que les solides retiennent, du reste, les deux tiers des matières grasses de la gadoue verte. Enfin, en évaluant le tankage parisien à 25 0/0 en poids de la masse primitive, on lui prévoyait une forte valeur sous un petit volume, ce qui n'est pas réalisé en pratique.

On plaçait ainsi l'engrais dans des conditions de manutention et de transport beaucoup plus avantageuses que celles où il serait réellement. Et il y a lieu de remarquer que le tankage parisien, dilué dans une grande quantité de matières inertes, se présenterait, certes, d'une façon moins propice à la vente que l'engrais américain.

Nous ne voulons pas dire évidemment par là que le traitement des immondices, par la vapeur, ne puisse être satisfaisant chez nous, mais nous désirions démontrer que ce procédé est cependant moins favorable en France qu'en Amérique où le combustible est, en outre, bon marché.

Nous avons, du reste, maintenant, tous les éléments nécessaires pour examiner ce que donnerait, financièrement, ce système de traitement de la gadoue, appliqué à Paris.

Nous supposerons la Ville de Paris possédant quatre usines, afin de diminuer les frais et les inconvénients des transports d'immondices.

Les dépenses d'installations seraient alors approximativement les suivantes, pour le traitement moyen de 1 620 *t*, par journée de vingt-quatre heures :

Terrains nécessaires aux usines et aux magasins, compris cours et voies d'accès	40 000 m^2 à 12,50 *f* =	500 000 *f*
Surfaces couvertes des usines	6 000 m^2 à 90 00 *f* =	540 000
Magasins à deux étages sur caves pour engrais, surface couverte	12 000 m^2 à 150 00 *f* =	1 800 000 *f*
Matériel d'usines et de magasins.		2 400 000
Imprévu, fonds de roulement et cautionnement. .		760 000
Total du capital engagé dans l'affaire. . . .		6 000 000 *f*

Les magasins devraient pouvoir contenir les engrais obtenus pendant un traitement de sept à huit semaines, la vente devant vraisemblablement chômer durant certaines périodes de l'année.

Quant aux dépenses d'exploitation, elles seraient très approximativement les suivantes :

1° Matières diverses :

Charbon . . .	590 000 *t* × 0,1 = 59 000 *t* à 20 *f* =	1 180 000 *f*
Eau	59 000 *t* × 6 = 354 000 m^3 à 0 *f* 10 =	35 400
Huiles, graisses, chiffons, etc. . . .	365 *j* × 20 *f* =	7 300
		1 222 700 *f*

2° Main-d'œuvre :

Personnel d'usine :

Mécaniciens,	4 × 2 × 2 = 16 à 7 *f* = 112 *f*	1 456 *f* × 365 *j* = 531 440 *f*
Chauffeurs,	4 × 2 × 3 = 24 à 6 *f* = 144	
Ouvriers,	4 × 2 × 30 = 240 à 5 *f* = 1 200	

Personnel de magasin :

Ouvriers,	4 × 2 × 8 = 64 à 5 *f* = 320 *f*	320 *f* × 365 *j* = 116 800 *f*
		648 240 *f*

3° Frais généraux :

4 ingénieurs-chimistes, 8 contremaîtres, 4 comptables-caissiers, 8 employés.	90 000 *f*
Impôts, patentes, assurances, frais de bureaux et de publicité.	90 000
Amortissement des constructions en 20 ans	93 800
Id. du matériel en 10 ans	192 000
Entretien des constructions à raison de 3 0/0 . . .	70 200
Id. du matériel à raison de 6 0/0	144 000
Achat et entretien des sacs et récipients pour produits.	70 000
	750 000 *f*

Si nous admettons que l'engrais puisse être vendu à raison de 12 *f* la tonne, c'est-à-dire son prix théorique, que l'enlèvement des gadoues sur les voies publiques et leur transport aux usines reviennent à 4 *f* la tonne aux entrepreneurs, enfin que l'entreprise générale se contente d'un bénéfice net de 10 0/0 du capital engagé, proportion non exagérée, vu l'aléa de vente des produits du traitement, il nous est facile de dresser la balance des recettes et dépenses de l'exploitation.

1° Recettes :

Vente des graisses :

590 000 *t* × 0,002 = 1 180 *t* à 250 *f* = 295 000 *f*

Vente des engrais :

590 000 *t* × 0,450 = 265 500 *t* à 12 *f* = 3 186 600

Indemnité reçue de la ville. . . 590 000 *t* à x *f* = 590 000x *f*

TOTAL DES RECETTES. . 3 481 000 *f* + 590 000x *f*

2° Dépenses :

Matières premières.	1 222 700 *f*
Main-d'œuvre	648 240
Frais généraux	750 000
Enlèvement et transport des immondices, 590 000 *t* à 4 *f* = ...	2 360 000
Intérêt à 5 0/0 du capital	300 000
Dividende éventuel à 10 0/0 du capital	600 000
TOTAL DES DÉPENSES.	5 880 940 *f*

3° *Balance* :

Donc si, $3\,481\,600\,f + 500\,000\,x\,f = 5\,880\,940\,f$

On a : $x = \frac{2\,399\,340}{590\,000}\,f = 4\,f\,06.$

Nous pouvons tirer de ce calcul une remarque importante : l'indemnité à payer par la Ville à l'entreprise générale serait sensiblement égale à la somme que cette dernière aurait à débourser pour l'enlèvement et le transport de la gadoue aux usines. C'est-à-dire que les dépenses et les recettes du traitement par le procédé Arnold s'équilibrent exactement. Aussi peut-on dire d'une façon générale *qu'avec cette méthode, dans une ville quelconque, l'indemnité à payer à l'entreprise générale par la municipalité serait approximativement égale à la somme à débourser pour l'enlèvement et le transport à l'usine de traitement.* L'exploitation par le procédé Arnold, appliqué à Paris, serait donc telle que l'enlèvement des gadoues reviendrait à la Ville à un prix sensiblement égal, et plutôt supérieur à celui payé actuellement par les entrepreneurs.

Il était sans doute bon de les montrer par trop optimistes ceux qui croyaient pouvoir dire : « La vente de la graisse extraite doit couvrir les frais de traitement des immondices. » Toutefois, avec un semblable procédé, la municipalité aurait, ce nous semble, le grand avantage, à indemnité sensiblement égale, de se débarrasser, d'une façon profitant également à l'agriculture et à l'hygiène, de ses nombreuses tonnes d'ordures que ne se soucient plus de recueillir les communes suburbaines.

Il est à remarquer que nous avons supposé les gadoues traitées dans quatre usines, ayant chacune leur direction. En supposant que la Ville de Paris désire faire un essai pour un secteur, du quart de superficie de la capitale, le prix d'exploitation à l'usine, et, par suite, le prix d'enlèvement, resteraient sensiblement ceux que nous venons de trouver pour l'enlèvement total. Par contre, si une expérience n'était tentée que pour deux ou trois arrondissements de la Ville, le prix d'exploitation deviendrait vraisemblablement un peu supérieur, les chiffres de matières telles que combustible restant bien proportionnels à ceux totaux, mais les dépenses telles que main-d'œuvre, frais généraux devenant proportionnellement plus fortes que pour le traitement général.

Les prix de revient seraient évidemment moins forts pour les

villes de province, là où les transports et la main-d'œuvre sont moins onéreux qu'à Paris.

Avec le perfectionnement que vient d'apporter M. Le Blanc, dans le traitement des gadoues, par la vapeur d'eau sous pression, les frais d'exploitation et principalement de combustible devront être, sans doute, assez sensiblement réduits. Notre Collègue, dans ses premiers essais avec le procédé Arnold lui-même, avait remarqué, non sans raison, que la pénétration, par la vapeur, de la masse contenue dans l'autoclave est très difficultueuse, ce qui cause la longue durée de l'opération. Aussi cette cuisson, très laborieuse, lui a donné l'idée d'opérer non seulement par la vapeur fluente, mais aussi au moyen d'appareils dans lesquels la gadoue serait brassée pendant toute la coction.

Nous allons donc examiner successivement les deux modifications importantes introduites : l'usage, pour les autoclaves, de la vapeur fluente, et l'emploi, pour les récipients, d'appareils spéciaux permettant le brassage de la masse traitée.

Examinons tout d'abord l'action très efficace de la vapeur fluente.

Ce que nous pouvons dire des étuves à désinfection, par la vapeur, s'applique complètement aux digesteurs de gadoue. De nombreux essais que j'ai eu l'occasion d'effectuer sur diverses étuves à désinfection, il résulte les constatations suivantes :

Quand on opère dans une étuve à désinfection, à vapeur stagnante, le fluide d'eau, venant se mélanger à l'air imparfaitement chassé, soit du récipient, soit des objets qu'il renferme, pénètre très difficilement, gêné par cet air, les pièces soumises au traitement. Aussi arrive-t-il que si la température à la surface des objets, atteint bien, approximativement, le degré correspondant à la pression marquée sur le manomètre de l'appareil, la température, au sein de la masse, est, par contre, très inférieure à celle vérifiée à la surface.

Au contraire, avec des étuves dans lesquelles la vapeur flue pendant toute la durée de l'opération, les dernières parcelles d'air finissent par être expulsées du récipient ; aussi, la vapeur venant, dès lors, pénétrer facilement toute la masse des objets, on constate une température uniforme, tant au sein de la masse qu'à la surface des pièces à traiter, et cette température est bien celle correspondant à la pression marquée sur le manomètre.

Ce qui se passe dans les étuves à désinfection devait nécessairement avoir également lieu dans des autoclaves remplis de

gadoues, et les essais que j'ai suivis, ont, en effet, pleinement confirmé cette hypothèse.

Le grand avantage de l'emploi de la vapeur fluente dans les digesteurs est donc une pénétration plus parfaite et plus rapide du fluide dans toute la masse des immondices. Il en résulte, comme corollaires, une meilleure stérilisation et une économie de vapeur et, par suite, de combustible.

Et même, dans un traitement méthodique des gadoues, par la vapeur fluente, il n'y aura pas lieu de lancer le fluide au dehors; outre qu'il serait ainsi répandu en pure perte, il pourrait aussi apporter dans l'usine et, par suite, dans l'atmosphère, des senteurs mal odorantes.

Mais les digesteurs étant rangés en batteries, grâce à des combinaisons spéciales de tuyauteries et de robinetteries, la vapeur qui fluera de l'appareil chargé en premier lieu, pénétrera dans celui rempli postérieurement et ainsi de suite; aussi, le digesteur d'une batterie qui viendra d'être chargé, et qui, par conséquent, devra former le plus de condensation, recevra sa vapeur de tous les autres appareils de son groupe. Avec cet arrangement, il y aura évidemment une assez forte économie de vapeur, d'autant plus que le fluide qui sortira du dernier digesteur pourra même être envoyé aux dessiccateurs où il finira par se condenser en y remplaçant de la vapeur vierge.

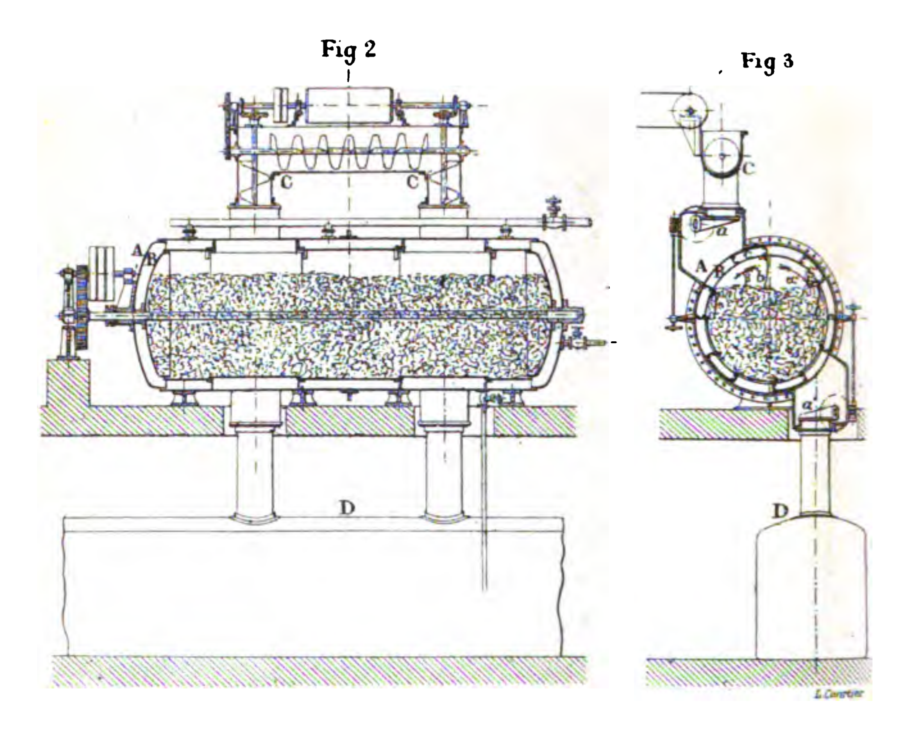
Afin d'activer encore plus l'opération de la coction et, par suite, de réduire davantage les dépenses de combustible, M. Le Blanc a imaginé des appareils qui diffèrent complètement de ceux en usage aux États-Unis. Alors que, dans la méthode américaine, les digesteurs sont verticaux, et conservent le garbage au repos; dans la seconde, que nous appellerons méthode française, les digesteurs sont horizontaux, et permettent, au contraire, un brassage continu de la gadoue en traitement.

Ces appareils se composent essentiellement *(fig. 2)* :

1° D'un grand cylindre horizontal fixe A, en forte tôle, muni à ses parties supérieure et inférieure, d'ouvertures fermées au moyen de clapets *a*, *a'*, s'ouvrant du dehors au dedans de l'autoclave qui est le réservoir de vapeur. Les ouvertures *a* servent au chargement de l'appareil, et communiquent avec une boîte de distribution, C, de la gadoue. Quant aux ouvertures *a'*, elles sont destinées au déchargement de la masse, et elles font communiquer le récipient avec le caisson en tôle, D, où vient se déverser la matière cuite.

2° D'un cylindre intérieur et mobile, B, le panier, destiné à recevoir les ordures à traiter, et qui peut être actionné dans les deux sens de rotation.

Ce cylindre (*fig. 3*), sur les couronnes qui correspondent aux



ouvertures *a*, *a'* de l'auto-clave, est muni de portes battantes *b*, *b' b''* ... destinées tant au remplissage du panier qu'à son déchargement automatiques.

Si le cylindre intérieur tourne dans le sens de la flèche *x*, voyons ce qui se passe dans l'intervalle d'une révolution de l'appareil.

Les portes, en passant au-dessous des clapets, *a*, s'ouvrent entièrement par leur propre poids et, par suite, les baies correspondantes recevront une partie du chargement destiné au panier; avant d'atteindre le plan horizontal médian, les battants commenceront à obstruer les baies correspondantes du récipient, et finiront bientôt par les fermer avant d'arriver aux descentes des clapets *a'*. Après un petit nombre de tours de rotation, le panier finira ainsi par être chargé convenablement et automatiquement, grâce au mouvement imprimé à la gadoue. Les clapets, *a*, se-

ront alors fermés puis fortement appliqués sur leur siège par la vapeur introduite dans l'autoclave. La cuisson s'opérera ainsi très facilement, le cylindre intérieur tournant constamment, la masse étant vivement brassée, et la vapeur mise en relation avec l'intérieur du panier par les ouvertures *b*, *b′ b″* ... et par des perforations spéciales ménagées sur sa périphérie.

La coction étant terminée, et l'arrivée de vapeur, dans l'autoclave interrompue, les clapets *a′* seront à leur tour ouverts, et le panier mis en mouvement dans le sens de flèche *B*. Alors, dans cette nouvelle rotation, les battants des portes seront ouverts, cette fois, en passant devant les ouvertures, *a′*. Le déchargement de la masse cuite s'opérera ainsi automatiquement et facilement, sans qu'il y ait communication de l'autoclave avec l'atmosphère.

Les caissons métalliques *c*, *c′ c″* ... placés sur le panier ont pour but d'éviter, tant dans le chargement que dans la décharge, le jet des matières entre les deux cylindres.

Le panier, qui est muni de perforations destinées à laisser écouler les liquides dans l'enveloppe extérieure, n'exige ainsi que peu de force, tournant à très faible vitesse, et ne contenant que les solides.

Les liquides peuvent être évacués de l'autoclave, en cours d'opérations, au moyen d'une tuyauterie spéciale.

En résumé, avec une très faible dépense de force motrice, on obtient, par ce système ingénieux, un brassage continu des immondices, ce qui active beaucoup la coction, la matière étant réduite en parcelles, et la vapeur fluente agissant profondément sur la gadoue très divisée.

Par la méthode française, on doit pouvoir effectuer 7 à 8 opérations, dans le même appareil et par vingt-quatre heures. Il en résulte non seulement une notable économie de vapeur, mais encore une dépense moindre d'installation, au moins pour ce qui concerne les chaudières de l'usine.

Aussi, dans ces conditions qui nous paraissent avantageuses, nous ne doutons pas qu'on puisse entreprendre le traitement de la gadoue, par la vapeur, à un prix sensiblement moindre que celui obtenu par le procédé Arnold. Le chiffre de 4,06 *f* que nous avons indiqué comme indemnité approximative à payer par la Ville de Paris, par tonne de gadoue enlevée et traitée par le procédé américain pourra donc vraisemblablement être sensiblement diminué en employant la méthode française.

VI

Conclusion.

La conclusion de notre étude est que le traitement des ordures de villes, par la vapeur sous pression, donnant d'excellents résultats aux États-Unis, il ne pourrait guère en être autrement en France, surtout d'après les essais qui viennent d'être effectués. Aussi, la municipalité de Paris qui, il y a deux ans, n'a pas reculé devant une expérience d'incinération, n'hésitera sans doute pas, aujourd'hui, à faire également un essai de traitement par la vapeur d'eau. Nous avons démontré qu'avec le procédé Arnold le prix de l'enlèvement et du traitement des immondices ne serait guère supérieur à celui alloué aujourd'hui aux entrepreneurs; nous prévoyons qu'avec les derniers perfectionnements effectués chez nous, l'indemnité payée actuellement par la ville aux entreprises pourrait être réduite.

En obtenant de la gadoue stérilisée et en même temps utilisée comme engrais, nous pensons, d'autre part, que le nouveau traitement donnerait satisfaction aussi bien aux hygiénistes qu'aux agriculteurs; et ces desiderata, cependant, semblaient, jusqu'à ce jour, complètement incompatibles.

Nous ajouterons enfin qu'avec un tel procédé la municipalité de Paris n'aurait plus à recevoir de plaintes des communes suburbaines.

Les liquides provenant du traitement pourraient sans inconvénient, et même avec avantage, vu leur forte teneur en principes fertilisants, être mélangés aux eaux d'égouts pour l'épandage.

Les chiffonniers, d'autre part, pourraient sans doute, avec une telle méthode, effectuer leur triage des immondices, non plus dans les rues mêmes de la ville, mais bien aux usines, sur les toiles de distribution des ordures aux appareils. Et ne pourrait-on pas également, dans ce cas, pour le plus grand bien de l'hygiène, désinfecter facilement par la vapeur, les matières triées, avant leur sortie de l'usine.

Aussi, vu ses nombreux avantages, pouvons-nous souhaiter, ce nous semble, que le traitement par la vapeur des ordures de villes soit bientôt mis à l'étude, puis adopté, après essais satisfaisants, non seulement par la Ville de Paris, mais encore par toutes les grandes municipalités de France. Souhaitons également qu'il soit imposé aux entreprises d'enlèvement des ordures ménagères, en prenant exemple sur les États-Unis, un matériel de transport plus perfectionné que celui sillonnant actuellement notre capitale.

CHRONIQUE

N° 210.

SOMMAIRE. — Le gaz naturel aux Etats-Unis. — Conduites d'eau en bois. — John Ramsbottom. — Transmission de force par l'électricité. — Profondeur des puits de mines.

Le gaz naturel aux États-Unis. — La production et l'utilisation du gaz naturel constituent une industrie tout à fait spéciale aux Etats-Unis, et de l'importance de laquelle on a de la peine à se faire une idée. Nous extrayons du 17e rapport du Geological Survey quelques renseignements très intéressants à cet égard.

Un fait caractéristique pour l'année 1895 que concerne ce rapport est la décroissance générale de la pression du gaz dans les champs de production, mais cette décroissance varie beaucoup d'un État à l'autre. En Pensylvanie, par exemple, elle atteint le maximum, ce qui s'explique par le fait que c'est là qu'on a commencé à exploiter le gaz naturel et qu'on l'a fait sur la plus large échelle. Dans l'Ohio, c'est le contraire, la pression y a le moins baissé et la décroissance n'a commencé à se manifester qu'il y a deux ou trois ans. Dans l'Indiana, on constate une moyenne entre les deux précédents Etats; mais si le fait indiqué par l'inspecteur, savoir que, dès que la pression du gaz s'abaisse à 15 *kg* par centimètre carré, les puits sont envahis par l'eau, se confirme, l'avenir de la production du gaz naturel se trouvera plus menacée dans ces districts que dans les autres.

La diminution de la masse de gaz emmagasinée dans les réservoirs souterrains, qui se manifeste par la décroissance de la pression du gaz, se traduit naturellement par une réduction du débit des puits. La seule manière du maintenir la production est d'accroître la section d'écoulement, c'est-àdi re le nombre des puits. C'est ce qu'on fait partout où cela est possible.

La décroissance de la pression et la diminution de débit amènent une abréviation du temps pendant lequel un puits peut donner lieu à une exploitation commerciale, ce qu'on appelle la vie de ce puits. Ainsi, en Pensylvanie, la vie moyenne d'un puits n'est guère que de six mois, dans d'autres Etats, elle est de deux ou trois ans.

On n'a pas et il n'est pas possible d'avoir les débits en volume des puits. On a fait des jaugeages sur certains et on a cherché à estimer leur débit, et par extension celui des champs de production d'une localité.

On n'est arrivé à rien de satisfaisant parce que rien n'est plus variable, non seulement d'un mois ou d'un jour à un autre, mais même d'une heure à l'autre, que le débit d'un puits à gaz.

Au moyen des informations les plus dignes de foi, on peut estimer que la valeur totale du gaz naturel utilisé aux Etats-Unis pendant l'an-

née 1895 s'élève au chiffre de 67 700 000 *f* en nombre rond (1), alors que les chiffres correspondants étaient de 72 560 000 *f* pour 1894 et de 74 600 000 pour 1893. On voit que la décroissance est sensible et continue; de plus, comme les prix aux 1 000 pieds cubes vont en augmentant, on en conclut que le volume vendu a diminué encore plus rapidement que le produit en argent.

Nous extrayons du rapport le tableau suivant qui donne la répartition entre les différents états de la valeur du gaz naturel livré à la consommation pendant les trois années 1893, 1894 et 1895.

États.	1893	1894	1895
—	—	—	—
	Francs	Francs	Francs
Pensylvanie	33 740 000	32 650 000	30 430 000
New-York	1 090 000	1 295 000	1 236 000
Ohio.	7 850 000	6 635 000	6 530 000
Virginie Occidentale.	640 000	2 054 000	520 000
Indiana	29 730 000	28 272 000	27 000 000
Illinois.	73 000	78 000	39 000
Kentucky.	356 000	464 000	513 000
Kansas.	260 000	450 000	584 000
Michigan (2)	—	—	—
Missouri	11 000	23 400	18 200
Arkansas.	520	520	520
Texas	260	260	104
Utah.	2 600	2 600	104 000
Colorado	—	62 400	36 400
Californie.	320 000	314 000	286 000
Autres États	526 620	261 700	382 776
Total. . . .	74 600 000	72 560 000	67 700 000

Nous nous sommes borné à reproduire des tableaux du rapport les trois dernières années, nous pouvons ajouter que c'est en 1888 que la valeur livrée à la consommation a acquis son maximum, le chiffre de 117 700 000 *f*; depuis cette époque, la décroissance a été très rapide.

Il y a dans la production et la distribution du gaz naturel beaucoup de détails qui seraient très utiles et très intéressants à connaitre; malheureusement, beaucoup des compagnies qui en font l'exploitation tiennent leurs comptes de telle sorte qu'il est à peu près impossible d'en tirer autre chose que le montant des sommes qui leur sont payées pour la consommation du gaz. Elles ne donnent même pas le nombre de leurs clients. On a pu cependant obtenir d'un certain nombre de compagnies, 377 en tout, des statistiques au moyen desquelles on a dressé des tableaux concernant les Etats de Pensylvanie, d'Indiana et d'Ohio, tableaux desquels nous avons pris seulement les chiffres relatifs à 1895. Il suffira de dire qu'il y a dans les trois Etats une décroissance

(1) Nous avons pris pour la traduction en francs la valeur moyenne de 5,20 *f* pour un dollar.

(2) Le Michigan figure sur le tableau, quoique n'ayant pas fourni de gaz dans les années considérées, parce qu'il en avait donné antérieurement.

relativement à l'année 1894, cette décroissance étant toutefois très légère pour l'Ohio.

	Pensylvanie.	Indiana.	Ohio.
Produit de la vente du gaz naturel.	18 124 000f	6 715 000f	3 518 000f
Valeur du charbon ou du bois remplacé par le gaz .	19 120 000f	10 545 000f	4 780 000f
Nombre de foyers domestiques alimentés par le gaz.	162 527	60 679	38 661
— de forges et aciéries — — .	22	13	»
— de verreries — — .	35	39	»
— d'autres établissements — — .	249	309	124
Total des établissements — — .	306	361	124
Nombre de puits fonctionnant au 1er janvier	927	719	316
— forés dans l'année	173	157	41
— fonctionnant au 31 décembre . . .	987	784	304
Longueur de conduites de gaz posées.	4 044 000m	3 202 000m	1 190 000m
Nombre de compagnies ayant fourni des renseignements complets.	85	237	55

Un fait à signaler est la diminution assez notable de l'emploi du gaz naturel pour les foyers domestiques, et son accroissement pour les usages industriels; la réduction de 1894 à 1895 est de 3 064 pour les trois États, les causes de cette diminution ne sont pas indiquées dans le rapport. Ce qui augmente toujours c'est la longueur des canalisations qui servent à la distribution du gaz; cela tient surtout à la nécessité de raccorder les puits dont le nombre augmente toujours et subsidiairement à d'autres causes générales.

Nous croyons devoir donner encore un tableau indiquant la répartition dans les divers États des différentes applications du gaz naturel pendant l'année 1895, d'après les renseignements fournis par 569 personnes, sociétés ou corporations; ces renseignements sont loin de donner la situation complète, mais tels qu'ils sont, ils présentent un réel intérêt. Sous la rubrique « autres établissements » sont compris les ateliers de construction de machines, briqueteries, poteries et usines diverses employant du combustible pour chauffage de fours ou production de force motrice.

États.	Nombre de personnes ou Compagnies ayant fourni des renseignements.	Foyers domestiques.	Forges.	Aciéries.	Verreries.	Autres établissements.	Total.
Pensylvanie.	129	212 834	11	13	36	596	656
Indiana. . .	299	96 113	12	3	44	496	555
Ohio	86	44 366	0	0	1	174	175
New-York .	18	5 107	0	0	0	3	3
Kentucky. .	7	6 293	0	0	0	4	4
Californie. .	7	1 283	0	0	0	1	1
Kansas. . .	10	3 806	0	0	0	17	17
Illinois . . .	4	290	0	0	0	2	2
Missouri . .	6	38	0	0	0	2	2
Texas. . . .	1	0	0	0	0	0	0
Arkansas . .	2	0	0	0	0	2	2
	569	370 130	23	16	81	1 297	1 417

D'après les renseignements fournis par 569 personnes, sociétés ou corporations, le nombre total de puits en exploitation dans les États-Unis à la fin de 1895 était de 3 826, dont 631 forés dans l'année, et la longueur totale des conduites servant à la distribution du gaz naturel de 13 362 000 *m*.

Sur ces totaux, la Pensylvanie compte, à elle seule, 1 643 puits et 6 826 000 *m* de canalisation, soit la moitié environ.

Ces chiffres sont, pour les raisons qui ont été indiquées plus haut, notablement inférieurs à la réalité.

En dehors de ces documents généraux, on trouve mentionnés dans les rapports dont nous nous occupons un grand nombre de faits intéressants relatifs à la production et à l'emploi du gaz naturel. Ainsi, alors que, dans la Pensylvanie, l'exploitation du gaz se fait par des sociétés possédant chacune un grand nombre de puits et des canalisations importantes envoyant le gaz à de longues distances, dans l'Indiana, au contraire, on trouve un très grand nombre de petits producteurs n'ayant chacun qu'un puits ou deux pour leur usage personnel, domestique ou industriel. On estime que plus de la moitié des propriétaires de puits n'en ont qu'un.

Dans l'Utah, où on a trouvé le gaz à une vingtaine de kilomètres de Salt Lake City, il n'y a encore en exploitation que 5 puits qui fournissent environ 8 000 à 9 000 m^3 par 24 heures. Si nous en parlons, c'est parce que ce gaz est employé à l'éclairage de Salt Lake City où il est amené par une canalisation et brûlé dans des becs Auer. Ce gaz se vend 50 cents les 1 000 pieds cubes, soit un peu moins de 0,10 *f* le mètre cube. Il en a été consommé pour 100 000 *f* environ en 1895.

Ce gaz contient 16,6 °/₀ d'hydrogène, 22 de gaz des marais, 37,8 d'éthane et 20 d'azote, on n'y trouve que de très faibles quantités (1 0/0) d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, on peut donc l'employer tel qu'il sort des puits.

Ajoutons que les États-Unis, outre les énormes quantités de gaz produit sur leur territoire, en *importent* encore une certaine quantité, assez faible en réalité, pour 500 000 *f* environ en 1895. Nous voulons parler du gaz produit sur le territoire canadien et amené par des conduites à quelques localités américaines voisines de la frontière, telles que Détroit et Buffalo.

Conduites d'eau en bois. — Nous avons signalé dans la *Chronique* de mars dernier, page 349, l'établissement aux États-Unis d'une conduite d'eau en bois de 0,45 *m* de diamètre et de 12 000 *m* de longueur destinés à la distribution d'eau d'Astoria. Nous ajoutions que l'emploi de ces conduites est assez fréquent en Amérique. Nous pouvons citer aujourd'hui un exemple bien plus remarquable de ce mode de construction. Il s'agit d'une canalisation établie dans l'Utah, à Ogden, pour création de force motrice; ce travail a fait l'objet d'une communication de M. Henry Goldmark à l'American Society of Civil Engineers.

On a formé un réservoir d'une capacité de 55 millions de mètres cubes en fermant une vallée par un barrage dont la longueur est de

120 *m* et la hauteur de 18 *m* au-dessus des fondations qui ont elles-mêmes 12 *m*, total 30 *m*.

La conduite se compose de tuyaux de 1,83 *m* de diamètre intérieur; sa longueur totale est de 9 638 *m* dont 8 285 *m* en tuyaux de bois et le reste en tuyaux formés de tôle d'acier assemblés par rivets.

Cette conduite est logée dans une tranchée de 2,60 *m* de largeur et couverte de terre sur une épaisseur de 0,90 *m*. La charge dans la partie en bois ne dépasse pas 3,50 *kg* par centimètre carré. Cette partie présente des courbes de 125 *m* de rayon dans le plan horizontal et de 220 *m* dans le plan vertical.

Les tuyaux en bois sont formés de douves assemblées et leur construction ne diffère pas de celle qui est employée depuis plusieurs années dans l'ouest des États-Unis; seulement le diamètre dépasse de beaucoup ce qui avait été fait jusqu'ici.

Une innovation est également l'emploi du pin Douglas au lieu du pin rouge de Californie employé habituellement; le premier est plus dur et plus raide et on craignait quelques difficultés pour la confection des parties en courbes, mais il n'en a rien été, même avec les faibles rayons de 125 *m*.

Le bois a été fourni par des scieries de l'Orégon sous forme de planches rabotées sur toutes les faces et d'une section uniforme de 0,203 × 0,0635 *m*. Les conditions de qualité étaient très sévères, le bois devait être exempt de nœuds, fentes et toutes autres imperfections; une inspection minutieuse avant le départ du bois des scieries et encore avant son emploi assurait l'observation de ces conditions. Les planches pouvaient avoir trois longueurs différentes, 4,88 — 5,49 et 6,10 *m*, chiffres qui correspondent à 16 — 18 et 20 pieds, mais la longueur normale était de 20 pieds, seulement 15 0/0 de la moindre longueur et 30 0/0 de l'autre étant admis. Les planches avaient été séchées à l'air avant l'expédition et conservées à couvert à Ogden jusqu'au moment de leur emploi.

Les tuyaux étaient composés de 32 douves façonnées avec les planches dont il a été question au moyen d'une machine spéciale qui dressait la surface extérieure suivant un rayon de 0,972 *m* et la surface intérieure suivant un rayon de 0,915 *m*. En même temps les faces de joint étaient rabotées à l'inclinaison voulue.

Des calibres en acier permettaient de vérifier la forme de ces douves sur lesquelles on n'admettait qu'une tolérance inférieure à 1 *mm*.

Les douves voisines se croisaient d'au moins 0,305 *m* et les extrémités étaient munies de languettes en tôle d'acier pénétrant dans des traits de scie pratiqués dans les bouts. Ces languettes avaient 37 *mm* de longueur, 3 d'épaisseur et une largeur un peu supérieure à celle des douves de manière à pénétrer latéralement dans les voisines d'une faible quantité pour assurer l'étanchéité des joints longitudinaux.

L'expérience acquise avec des conduites exécutées précédemment avait fait adopter cette disposition qui a très bien réussi.

Un point très important est le frettage de ces tuyaux; on a proposé diverses dispositions, on employait d'abord des cercles de fer plat comme

pour les tonneaux, mais aujourd'hui l'usage du fer rond est devenu général, sauf pour les petits diamètres.

Dans la conduite d'Ogden, les cercles sont faits de verges d'acier de 15 et 18 *mm* de diamètre, ces dernières dans les parties où la charge est supérieure à 30 *m* d'eau. Cet acier doit avoir une résistance à la rupture comprise entre 39 et 46 *kg* par millimètre carré, une limite d'élasticité de 28 *kg* et présenter un allongement de 25 0/0 mesuré sur une longueur de 0,20 *m*. Ces verges doivent pouvoir se plier à froid à 180° sans donner signes de rupture.

Elles sont de deux formes : les unes terminées à leurs deux extrémités par des espèces d'étriers en acier soudés à la tige et présentant un trou du diamètre de celle-ci, les autres ayant un pas de vis aux deux bouts. Les deux genres de verges sont cintrés suivant un demi-cercle; les bouts filetés pénétrant dans les trous des étriers, sont serrés par des écrous et l'ensemble forme un cercle complet. On calcule le serrage des écrous pour un travail de 10 *kg* environ par millimètre carré de section des cercles.

L'espacement de ces cercles varie pour ceux de 15 *mm* de 0,133 à 0,072 *m* et pour ceux de 18 *mm* de 0,200 à 0,09 *m* suivant la charge qu'éprouve la conduite et on gradue le changement des espacements de manière que le travail du métal dans les cercles soit aussi uniforme que possible.

Un autre point intéressant est le raccordement de la conduite en bois et de la conduite en acier. Cette dernière pénètre dans l'autre sur une longueur de 0,305 *m* et y est boulonnée par des boulons qui traversent les douves et ont leurs écrous à l'intérieur. De plus le tuyau d'acier porte une bride qui porte contre l'about des douves du tuyau en bois et se boulonne avec une bride boulonnée sur les douves; un calfatage est fait entre ces douves et la bride dont la section a la forme d'une cornière de 0,127 × 0,090.

Le poids d'acier employé pour cercler ces tuyaux s'élève à 1 130 000 *kg*. ce qui pour 8 235 *m* représente un poids de 137 *kg* par mètre courant.

Ces tuyaux sont posés sur des pièces de bois de 2,40 *m* de longueur et de 0,15 × 0,20 *m* de section sur lesquelles sont cloués des tasseaux pour maintenir la conduite de chaque côté; ces pièces sont distantes de 2,40 *m* les unes des autres. Pour plus de sécurité on pose sur quelques unes de ces pièces, de distance en distance, des contre-fiches en bois de 50 × 100 *mm*. disposées à 45° et portant contre le tuyau, tantôt d'un côté tantôt de l'autre.

Le prix de revient de ces conduites n'est pas indiqué, il est dit seulement qu'il n'est que du quart au tiers de celui des tuyaux en tôle d'acier de même diamètre; c'est pour cela qu'on a employé le moins de longueur possible de ces derniers. Le prix élevé de ceux-ci tient au poids qui varie suivant les sections de 564 à 1 023 *kg* par mètre courant.

Nous avons dit, au début de cette note, que cette installation avait pour objet la production et la distribution de force motrice. La première s'effectue au moyen de 5 roues hydrauliques du système Knight, chacune de 1 200 *ch* et de 2 autres du même système de 135 *ch* seulement.

Les premières ont 1,47 *m* de diamètre, elles sont formées d'une partie

centrale en acier coulé sur laquelle est assemblée une couronne en bronze présentant 45 augets.

Chaque roue porte, de chaque côté, un volant en fonte de 1,78 *m* de diamètre et pesant 2 *t*; ces volants sont faits en trois parties et sont frettés avec des bandes de fer de 0,125 × 20 *mm*; ils sont tournés à l'extérieur, équilibrés avec soin et clavetés sur l'arbre des roues. Celles-ci avec l'arbre, les volants, etc., pèsent 15 *t* chacune.

L'eau est introduite par des injecteurs ayant chacun six ouvertures de 37 × 83 *mm* lesquelles sont masquées ou non par une vanne manœuvrée par des cylindres hydrauliques.

Cinq générateurs à courant polyphasé de 2 300 volts et deux à courants continu de 500 volts sont actionnés par ces moteurs et peuvent distribuer dès à présent 3 000 *ch* à 60 *km*, avec possibilité de doubler ce chiffre dans un avenir prochain.

John Ramsbottom. — L'Ingénieur anglais, John Ramsbottom, bien connu par des progrès importants réalisés dans la construction des machines et notamment des locomotives, est mort le 20 mai dernier, à l'âge de quatre-vingt-trois ans. Les journaux techniques anglais ont donné des notices détaillées sur ce vétéran de la mécanique, nous en extrayons quelques renseignements sur sa carrière et ses principaux travaux.

John Ramsbottom était né en 1814 à Todmorden, dans le Yorkshire, il fit ses premières études techniques sous la direction de son père et fut admis dans la fabrique de Sharp-Roberts, à Manchester, où il s'occupa de l'étude et de la construction des locomotives. En 1842, il entra comme locomotive-superintendent, à l'âge de vingt-huit ans seulement, au chemin de fer de Manchester à Birmingham; cette ligne fut achetée, en 1846, par le London and North Western, au service duquel Ramsbottom passa en conservant la direction du matériel et de la traction d'une des divisions.

En 1857, il succéda comme locomotive-superintendent du réseau entier à Francis Trevithick, fils du célèbre et malheureux inventeur. A cette époque, le London and North Western avait deux ateliers pour la construction et l'entretien des locomotives, l'une à Crewe, l'autre à Wolverton. Ramsbottom obtint que tout le service des machines fut ramené à Crewe et que les ateliers de Wolverton fussent consacrés exclusivement aux travaux concernant les voitures et wagons et il s'occupa de donner aux ateliers de Crewe le développement qui les a rendus célèbres dans le monde entier et en fait, disent avec quelque raison les journaux anglais, un lieu traditionnel de pèlerinage pour les Ingénieurs de tous les pays.

On peut citer l'installation de l'aciérie, le laminage des bandages, diverses machines-outils spéciales, les petites locomotives pour le service des ateliers, le marteau-pilon double à action horizontale, conception ingénieuse, mais qui ne parait pas avoir eu un succès durable. Ramsbottom a introduit divers progrès au premier rang desquels est le piston à cercles logés dans des cannelures périphériques, et agissant par leur élasticité propre si universellement employé aujourd'hui et qui date de 1852.

L'auteur montrait, en 1854, à une séance de l'Institution of Mechanical Engineers, un de ces cercles qui avait fait un parcours de plus de 30 000 *km* en 15 mois, et qui représentait une valeur de 3 *f* à l'état neuf. On peut encore citer les soupapes de sûreté accolées avec ressort commun modèle très employé en Angleterre et sur le continent, les têtes de bielles d'accouplement à bagues sans serrage, et l'appareil de prise d'eau sans arrêt, dit rigole Ramsbottom. C'est à lui qu'est dû le célèbre type de locomotives connu sous le nom de la première construite « Lady of the Lake », créé il y a plus de 30 ans et qui est encore en usage sur le London and North Western.

Ramsbottom avait pris sa retraite en 1871, et avait été remplacé par notre éminent Collègue M. F.-W. Webb; il était resté conseil de la Compagnie et était administrateur de diverses sociétés industrielles, entre autres de la fabrique de locomotives de Beyer, Peacock et Cie. Il avait été, en 1870-71, président de l'Institution of Mechanical Engineers, dont il était un des fondateurs.

Transmission de force par l'électricité. — Nous donnons ci-après le résumé d'une importante communication de M. William H. Preece, Ingénieur d'une grande réputation, communication faite au congrès du Génie Civil tenu, à la fin de mai, par l'Institution of Civil Engineers, dont l'auteur est un des vice-présidents.

L'utilisation des forces naturelles est la plus intéressante question peut-être du domaine de l'Ingénieur. Elle implique, nécessairement, le transport de la force du lieu de production à celui où elle peut être employée utilement.

Le mérite relatif des divers modes de transmission est déterminé scientifiquement par le rendement comparatif, c'est-à-dire par le rapport dans chaque cas du travail utile au travail produit à la source.

Supposons, par exemple, qu'on puisse disposer toute l'année dans un endroit donné, d'un volume d'eau de 100 000 gallons d'eau par minute tombant d'une hauteur de 45 pieds, le travail brut sera de 1 000 kilowatts ou 1 340 chevaux. Si ce travail est utilisé par une turbine actionnant une dynamo dont le courant sera envoyé à distance et actionnera une réceptrice, les pertes diverses seront :

	Kilowatts.
Dans la turbine	250
— la génératrice	60
— le circuit	15
— la réceptrice	50
TOTAL	375

Sur 1 000 kilowatts représentés par la chute d'eau, 375 seront absorbés dans les diverses organes de la transmission, et 625 seront utilisés à l'extrémité de celle-ci. Le rendement sera donc de :

$$\frac{625}{1\,000} = 62,5\ 0/0.$$

Il est évident qu'on peut supprimer la perte par la transmission, en établissant les usines à la chute même, mais il est possible qu'en dehors d'autres considérations, le transport des matières premières coûte plus cher que la perte par la transmission. C'est un compte à faire entre ce transport d'une part, et la perte et l'entretien de la transmission de l'autre.

Il y a trois systèmes efficaces de transmission à grande distance : l'électricité, l'eau et l'air. Quelle est l'efficacité de chacun de ces systèmes ? C'est-à-dire, quelle est, avec chacun, la perte entre le travail produit par la chute et le travail utilisé à l'extrémité de la transmission ? Dans ces divers systèmes, l'efficacité est limitée par la résistance des matériaux, par la chaleur développée, par diverses difficultés physiques, par les risques pour le personnel et le matériel, la dépense d'établissement, celle d'exploitation, etc.

Ce qui est spécial à l'électricité et ce qui en fait la valeur, c'est que la proportion perdue sur la ligne de transmission peut être conservée constante indépendamment de la distance, mais la dépense croit nécessairement avec la longueur. Ce qu'il y a donc à considérer, est la capacité de la ligne et le capital nécessaire pour son établissement.

Un conducteur en cuivre d'un pouce carré (6,4 c^2) de section transmettant 1 000 ampères perdra par échauffement 1 kilowatt (ou 1 1/3 *ch*) par 40 yards (36,60 *m*). S'il ne transmet que 500 ampères, il aura la même perte sur une longueur double, soit 80 yards, et, s'il ne transmet que 50 ampères, sur 800 yards (732 *m*), c'est là l'avantage de réduire la force du courant. Cela dépend entièrement de nous, car le poids du cuivre qui forme le conducteur, pour la même transmission de puissance, varie en sens inverse du carré de la tension.

Avec 1 000 volts, on transmettra 1 000 kilowatts ou 1 340 *ch* avec un conducteur d'un pouce carré de section à une distance de 5,6 milles ou 8 816 *m* avec une perte de 50 0/0 de l'énergie produite au commencement de la ligne. Avec une tension dix fois plus grande, 10 000 volts, on transmettra la même puissance par le même conducteur à 27,5 milles, soit 44 275 *m* et avec 20 000 volts à 110 milles soit 177 *km*, avec une perte réduite à 2,5 0/0. A des distances moindres la perte peut être encore réduite. Comme avec l'eau, la tension est limitée par la résistance de la matière et par les efforts qui sont exercés sur elle. Actuellement, il est difficile de réaliser une isolation suffisante au delà de 20 000 volts. En Angleterre et en Allemagne, on ne dépasse guère 1 000, et aux États-Unis 6 000 volts. S'il était pratique d'employer des tensions supérieures, on pourrait transmettre la force par l'électricité à 200 milles (320 *km*) de la source de puissance, de manière à lutter avec la vapeur. Mais avec la limite des tensions qui vient d'être indiquée et le prix actuel du charbon, le rayon d'action économique (en Angleterre) ne dépasse pas 40 milles ou 64 *km*.

Le même raisonnement s'applique à la transmission de la force par l'eau sous pression, la distance à laquelle il est possible de transporter économiquement la force, dépend du prix auquel cette force peut être obtenue sur le lieu d'emploi, c'est-à-dire presque entièrement du prix de charbon à cet endroit.

L'Égypte est le pays par excellence pour l'application des transmissions électriques. Sur le Nil, il y a à Merawi et à Wady-Halfa de magnifiques cataractes représentant d'énormes quantités d'énergie absolument perdue. Ne pourrait-on amener cette énergie au Caire ou aux environs ? Evidemment, mais à quel prix ? Les conditions sous le rapport du prix du charbon sont très différentes de celles de l'Angleterre.

Il y a déjà actuellement beaucoup d'exemples de transmissions à distance de forces naturelles au moyen de l'électricité. En voici quelques-unes :

Localités.	Puissance à la source.		Distance de transport.
—	chevaux.	kilowatts.	kilomètres.
Niagara.	20 000	15 000	34
Sacramento	11 000	8 250	39
Ogden.	11 000	8 250	58
Big Cottonwood	7 000	5 250	22,5
Corncord	5 000	3 750	64,5
Portland.	4 600	3 500	19
Fresno	2 300	1 700	56
Québec	2 200	1 650	38
San Francisco	1 000	750	19

On trouve en Italie un remarquable exemple de transmission électrique de Tivoli à Rome, sur une distance de 29 *km*. Un volume d'eau de 220 m^3 par minute, avec une chute de 49 *m*, donnent une puissance brute de 2 400 *ch*. Le rendement s'établit comme suit :

	Chevaux.
	—
75 0/0 de la puissance brute à la sortie de la turbine.	1 820
90 — de la précédente à la sortie de la dynamo. . . .	1 620
82 — — — de la ligne.	1 328
90 — — utilisés à Rome	1 196

Ce qui représente très sensiblement un rendement de 50 0/0.

On trouve en Suisse, en France et en Allemagne des exemples nombreux et intéressants de transmissions électriques.

En Angleterre on rencontre des exemples d'éclairage électrique provenant de forces hydrauliques, mais les distances ne sont jamais considérables, par exemple : Foyers, Worcester, Kerwick, Windermere, Lynton, etc. A Worcester, la corporation a établi pour l'éclairage de la ville une usine à 3 *km* environ de distance sur la rivière Tame, un affluent de la Severn. On a 250 *ch* avec une chute de 3 *m* et les avantages réalisés comme prix de la lumière ont justifié la solution adoptée. En effet, le coût de l'unité produite avec la force hydraulique ressort à 0,08 *f* environ, alors qu'il eût été de 0,15 *f* avec un moteur à vapeur.

On a proposé d'employer le charbon à la mine même pour actionner des moteurs thermiques envoyant le courant électrique à Londres pour son utilisation comme force motrice. Au moins dans les conditions actuelles, il est plus avantageux de transporter le charbon. La dépense de combustible n'est pas le seul élément dans la production du courant

électrique; il y a encore la surveillance et le service des moteurs, l'entretien, l'intérêt et l'amortissement qui sont des facteurs non négligeables.

Si on suppose qu'on a à transmettre 1 000 kilowatts-heure, soit 3 millions de kilowatts-heure par an, quantité qui peut être facilement obtenue avec une consommation de 5 000 *t* de charbon, si le transport du charbon à 100 milles, soit 161 *km* est de 6,25 *f* par tonne, la dépense annuelle de transport s'élèvera à 31 250 *f*. Ce chiffre représente seulement un peu plus d'un centime par unité, et est certainement inférieur à l'intérêt du capital d'établissement de la ligne électrique rapporté à la même unité.

Dans beaucoup des exemples cités plus haut, il eût été probablement impossible de transmettre la force par d'autres moyens que l'électricité, mais, dans d'autres cas, entre autres, la traction dans les villes, sur les chemins de fer et tramways, les transmissions dans les ateliers, sur les navires, dans les mines, etc., l'électricité se trouve en concurrence avec les autres systèmes. Elle revendique sur eux la supériorité du chef de la propreté, de la sûreté, de la simplicité, de la facilité d'application à toute espèce de machines, de l'économie, etc.

Comme exemple d'application dans une grande ville telle que Londres, on peut examiner le cas de la traction par l'électricité sur le Métropolitain. La station centrale devra naturellement être établie sur les bords de la Tamise pour avoir le combustible à meilleur compte; mais il y a d'abord à examiner si on brûlera directement le charbon sous des chaudières ou si on le transformera en gaz Dowson ou Mond pour l'employer dans un moteur à explosion.

Certains auteurs estiment qu'avec des gazogènes et des moteurs à gaz, on peut, dans certaines conditions, obtenir le kilowatt-heure avec 1 centime 84, ce qui permet d'avoir la même unité en traction d'un véhicule sur chemin de fer pour 0,10 *f*.

On a peu de données sur la perte des transmissions mécaniques dans les ateliers. M. C.-H. Benjamin, de Cleveland (États-Unis), a fait des expériences sur 18 ateliers de cette ville; il a trouvé que les transmissions absorbaient de 50 à 80 0/0 du travail produit par le moteur.

Pour de faibles puissances, au point de vue de la commodité, le cheval animé ne redoute pas de rival; comme utilisation en conversion du combustible en énergie, il vient peut-être en tête, mais il a contre lui la dépense de nourriture et la fragilité de l'être animé qui en font le moins efficace des moteurs au point de vue commercial.

Les moteurs à gaz d'éclairage et à pétrole sont commodes pour les petites industries, mais moins économiques que les machines à vapeur, tandis que l'électricité, si elle peut être obtenue d'une station centrale à raison de 0,15 *f* le kilowatt-heure, est à la fois la solution la plus commode et la plus économique. Il n'y a pas besoin de chaudière, il n'y a aucun risque, ni danger; on ne paie que ce qu'on emploie.

C'est une solution inappréciable non seulement pour la petite industrie, mais aussi pour les usages domestiques : machines à coudre, ventilation, pompe, réfrigération, ascenseurs, etc. Elle est toutefois très peu employée jusqu'ici en Angleterre. Les prix élevés, l'indifférence des

masses, une certaine appréhension, etc., en ont restreint l'usage, mais cette situation paraît devoir se modifier rapidement.

Le rendement des dynamos qui transforment l'énergie en électricité et celui des réceptrices qui retransforment l'électricité en travail sont supérieurs à ceux de toutes les autres machines. On trouve couramment aujourd'hui, dans le commerce, à de très bonnes conditions, des dynamos présentant des rendements de 94 à 96 0/0.

En somme, on peut dire qu'il n'y a plus, aujourd'hui, de difficultés pratiques à transmettre l'énergie à grande distance par l'entremise de l'eau, de l'huile, du gaz, du charbon, de l'air et de l'électricité. Le mérite relatif de ces divers moyens dépend de leur efficacité comparative, mais leur succès au point de vue financier dépend uniquement du prix de transport. Il y a des cas où chacun d'eux a tour à tour une supériorité indiscutable; il y en a d'autres où la question est douteuse et où, pour faire un choix, il faut faire entrer en ligne de compte des considérations accessoires, telles que l'emplacement occupé, la convenance, la propreté, la sécurité, l'absence de bruit, etc.

Profondeur des puits de mines. — Dans une communication faite par M. Bennett H. Brough au même Congrès, l'auteur a cité des chiffres intéressants sur les plus grandes profondeurs atteintes par des puits de mines.

En Angleterre, le puits le plus profond pour l'extraction du charbon se trouve à la houillère de Pendleton, près de Manchester, où les travaux les plus bas sont 1 060 *m* au-dessous du sol. Pour l'extraction des minerais, le puits le plus profond se trouve à Dolcoath, en Cornouailles; il descend à 787 *m*. En Belgique, un charbonnage des environs de Mons a un puits de 1 200 *m*, et, en Bohême, le puits Adalbert des mines de plomb argentifère de Przibram atteint la profondeur de 1 120 *m*. Mais ces chiffres sont dépassés par la profondeur du puits Red Jacket des mines de Calumet et Hecla, aux États-Unis, qui est actuellement arrivé à la profondeur définitive de 1 495 *m*.

La température est au fond de 31° c, ce qui ne gêne point le travail des ouvriers.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er trimestre de 1897 (suite).

Note sur **le creusement d'un chenal à travers la barre des Charpentiers**, à l'embouchure de la Loire, par M. de Joly, Ingénieur des ponts et chaussées.

Cette barre, placée à l'embouchure de la Loire, gênait l'entrée du port de Saint-Nazaire, au point de menacer l'avenir de ce port. Aussi son enlèvement fut-il résolu et déclaré d'utilité publique en 1889.

Cette barre est constituée par des vases et sables agglomérés, par des débris marins et des coquilles surmontant une couche d'argile continue d'épaisseur inconnue. Le moyen adopté pour son enlèvement consistait dans des dragages. Mais dans l'incertitude où on était de la permanence des résultats qu'on réaliserait, on décida de faire un dragage d'essai avant d'attaquer la barre en grand.

Cet essai fut fait sur 150 000 m^3 qui furent enlevés du commencement à la fin de 1890, et un approfondissement réalisé de 0,25 à 0,50 *m* fut reconnu quelques mois plus tard s'être maintenu sans variation sensible. Cette expérience fut jugée concluante et on résolut d'entreprendre, à titre définitif, le creusement d'un chenal navigable à travers la barre.

La direction une fois adoptée, on se mit à l'œuvre dès le mois de février 1892 avec quatre dragues et, en quatorze mois, on avait atteint un cube de 1 million de mètres. Ce rendement n'a pu être atteint qu'à la condition pour les dragues de rester à la mer plusieurs jours de suite sans rentrer au port.

Les dragages furent conduits d'abord de manière à ouvrir le plus rapidement possible les courbes de niveau de 4 *m* parallèlement à l'axe du chenal; ce résultat fut atteint dès la fin d'avril, mais on commença alors à rencontrer les aggrégats coquilliers et le rendement des appareils se trouva très diminué.

On n'arriva ainsi à la cote 5 *m* qu'en mars 1893, et le succès coïncida avec l'extraction du millionnième mètre cube. On jugea néanmoins nécessaire de faire un dragage supplémentaire de 165 000 m^3 qui fut obtenu en cinq mois avec une seule drague. Avec un entretien modéré, on a pu dès lors maintenir les profondeurs acquises en 1893.

La note donne une description détaillée de la drague d'entretien qui porte le nom de *Bonne Anse*. Cette drague a une coque de 49 *m* de longueur, 9,30 *m* de largeur et 3,35 *m* de tirant d'eau en charge; elle contient des puits à déblais de 400 m^3 environ de capacité.

Une machine compound verticale avec condenseur à surface développant 480 *ch* indiqués sur les pistons actionne l'appareil de dragage ou

une hélice de 3,15 *m* de diamètre. Cette machine reçoit la vapeur à 6 *kg* de pression de deux chaudières tubulaires à retour de flamme de 80 m^2 de surface de chauffe chacune.

L'appareil de dragage se compose d'une pompe rotative à sable de 2 *m* de diamètre et d'une élinde placée à tribord, pouvant descendre à une profondeur maxima de 12 *m* pour l'aspiration du sable. Cette drague a été construite pour la coque par M. Dubigeon et pour la partie mécanique par MM. Brissonneau et Lotz; elle a coûté 350 000 *f* environ.

Le chenal obtenu est éclairé au moyen de dix bouées lumineuses à feu rouge et vert, et d'un feu d'horizon permanent à l'huile minérale, fonctionnant sans gardien placé au sommet de la tour-balise des Morées.

Note sur la **construction du phare de Raz Tina**, par M. Regnoul, Ingénieur des ponts et chaussées.

Le phare de Raz-Tina est situé à 12 *km* environ au sud-ouest du port de Sfax. Sa situation dans une immense plaine de sable marin, basse et marécageuse, l'absence de carrières à moellons et la difficulté des accès conduisirent à adopter l'emploi d'un béton confectionné avec les pierrailles couvrant le sol, qui pouvaient être employées presque sans cassage. Du sable de bonne qualité se trouvait à proximité et, en l'absence d'eau douce, on dut admettre la fabrication des mortiers à l'eau de mer, en adoptant l'emploi exclusif des chaux et ciments Pavin-Lafarge, du Teil.

Le phare affecte la forme d'une tour de 41.85 *m* de hauteur au-dessus des fondations, avec un diamètre extérieur de 8,30 *m* à la base et 3,20 *m* au niveau de la plate-forme. L'épaisseur de la paroi n'est en aucun point inférieure à 0,70 *m*, de manière à ne pas dépasser une pression de 3 *kg* par centimètre carré. Les marches de l'escalier intérieur sont également en béton. Contre la tour est disposé un bâtiment comprenant les logements du gardien et les pièces nécessaires au service.

La tour a été construite par anneaux cylindriques de 1,08 *m* de hauteur, correspondant à six marches de l'escalier, au moyen de moules concentriques en tôle. Un échafaudage léger placé à l'extérieur servait à l'accès des ouvriers.

Le travail a duré du 14 décembre 1894 au 13 avril 1895 et le phare a pu être allumé le 1er juillet 1895. La dépense a été, y compris l'appareil d'éclairage, de 86 000 *f* dont 64 000 pour la tour et les bâtiments. Le succès et l'économie de cette construction exécutée par les moyens les plus rudimentaires et dans une région neuve paraissent de nature à dissiper les hésitations auxquelles donne ordinairement lieu l'application du béton à des ouvrages importants et à répandre l'emploi de ce genre de construction.

Note sur **le nouveau mode de construction des souterrains** appliqué au collecteur parisien de Clichy, par M. Bechmann, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette note décrit deux procédés qui ont été appliqués chacun à un des deux lots du travail à exécuter. Il est bon de dire d'abord que l'exé-

cution du collecteur de Clichy, grand égout à section elliptique de 6 *m* de largeur sur 5 *m* de hauteur, devait être faite souterrainement pour ne pas gêner la circulation dans les voies très fréquentées sous lesquelles il passe.

Le système employé pour le premier lot, comprenant la partie hors Paris, à très faible profondeur sous la chaussée et de 1 753 *m* de longueur, adjugé à M. Chagnaud, consiste dans le dédoublement du souterrain en deux tranches superposées qui s'exécutent séparément : l'une celle du haut, limitée à peu près au niveau des banquettes, soit au-dessus de la nappe souterraine, est percée à sec et sans épuisements au moyen d'une armature métallique rigide, dérivée du bouclier, progressant de la même manière, mais réduite à la moitié environ de la section et prenant pour point d'appui une série de cintres métalliques convenablement solidarisés qui servent en même temps à l'établissement de la voûte ; l'autre, celle du bas, est déblayée et maçonnée à la faveur d'épuisements par simple reprise en sous-œuvre après achèvement de l'étage supérieur.

Avec une seule attaque par l'aval, la partie supérieure, commencée le 10 août 1895, a été exécutée avec un avancement de 3,85 *m* par jour de travail effectif, avec deux postes pour les vingt-quatre heures. La partie inférieure a été commencée le 11 novembre 1896 et est encore en cours d'exécution.

Nous signalerons comme détails l'emploi de vérins hydrauliques dont l'eau était fournie par des pompes actionnées par une dynamo, d'un transporteur à tablier sans fin, mu par l'électricité pour le transport des déblais, d'un transporteur Temperley, également mu par l'électricité pour le déchargement des matériaux, de ventilateurs électriques et d'éclairage emprunté à la même source.

Les résultats ont été tout à fait satisfaisants et rien n'a révélé sur la voie publique l'accomplissement du travail considérable qui s'exécutait au-dessous.

Le deuxième lot, comprenant un souterrain à grande profondeur a été adjugé à MM. Fougerolle frères, qui ont employé un bouclier d'avancement construit sur un système différent.

Ce bouclier a toute la section du souterrain et est monté dans une grande chambre ouverte à l'aide de boisage et mis en fonctionnement aussitôt après le montage. L'armature métallique est, du côté de l'attaque, prolongée par un avant-bec avec tranche coupante et, vers l'arrière par une carapace de protection. Six vérins hydrauliques déterminent l'avancement en s'appuyant sur les cintres. Ces cintres métalliques sont au nombre de 30, espacés de 0,60 *m* et maintenus à cette distance par des entretoises en fonte formant six lignes continues correspondant aux vérins. Un transporteur à toile sans fin mu par un moteur électrique sert à évacuer les déblais à 25 *m* en arrière et suit la progression du bouclier.

La marche est combinée pour faire par 24 heures, avec deux postes 8 à 9 avancements de 0,60 *m* soit 4,80 à 5,40 *m*. Cette partie est en cours d'exécution et le fonctionnement du système est de tous points satisfaisant. On peut dire que la construction des souterrains revêtus de

maçonnerie par le moyen d'un bouclier d'avancement est désormais entrée dans la pratique et constitue un moyen puissant et fécond destiné à rendre dans l'avenir de grands et réels services.

ANNALES DES MINES

5e livraison de 1897.

Établissement des dynamitières souterraines.— Rapport présenté à la Commission du grisou, par M. Ledoux, Ingénieur en chef des mines,

Les dynamitières superficielles présentent des inconvénients sérieux; aussi a-t-on cherché à établir de petits dépôts dans les mines mêmes. Mais la présence de ces matières explosives dans les travaux souterrains soulevait divers problèmes et MM. Sarrau et Mallard furent chargés d'étudier la question.

A la suite d'expériences faites par ces savants, un premier rapport résuma l'état de la question et les résultats acquis alors, notamment en ce qui concernait l'emploi des moyens destinés à prévenir l'envahissement des galeries de mines par les gaz de l'explosion.

La commission fut d'avis que des expériences en grand étaient nécessaires, pour donner une certitude sur l'efficacité de ces moyens et notamment des tampons obturateurs automatiques.

Ces expériences ont été exécutées à Blanzy, en décembre 1895, et les résultats en ont été donné dans un rapport de M. Vieille, daté du 9 avril 1896. A la suite de ce rapport, la Commission du grisou a formulé un certain nombre de règles et de principes relativement à l'établissement des dépôts souterrains de dynamite. Ces règles concernent l'emplacement et la disposition des dynamitières, les dispositifs d'obturation, la ventilation, la profondeur, la capacité, etc. Ces règles étant trop nombreuses pour que nous puissions les reproduire ici, nous renverrons donc au mémoire ceux de nos collègues que la question intéresserait particulièrement.

Accidents causés par des ruptures de tubes à fumée, de 1888 à 1896, par M. C. Walckenaer, Ingénieur des Mines, Secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Les cas de rupture de tubes en laiton sur les locomotives sont assez fréquents, mais ils causent rarement des accidents. En dehors des chemins de fer, les chaudières étant placées dans des bâtiments ou des bateaux, les conséquences sont plus graves ; on signale, de 1888 à 1896, 15 cas où ces ruptures ont causé des accidents de personnes, savoir : 8 morts, 13 blessures graves et 7 légères ; il s'agit de tubes en laiton; dans 7 cas, les tubes avaient de 9 à 6 *cm* de diamètre, dans les 8 autres, le diamètre était de 10 *cm* ou plus.

Le mémoire décrit en détail ces divers accidents, en dégage les causes

et résume les conséquences de chacun. On peut tirer de l'ensemble de ces faits des conséquences intéressantes. D'abord on peut dire que les tubes en laiton donnent lieu, après un temps, très variable suivant les conditions de service où ils se trouvent, à des ruptures dont les conséquences sont de plus en plus graves à mesure que le diamètre augmente. Ces ruptures sont amenées par deux causes : l'amincissement des tubes et l'altération du métal. C'est cette seconde cause qui fait que le tube se brise et s'émiette au lieu de s'aplatir.

On doit donc absolument proscrire l'emploi du laiton pour les tubes à fumée d'un certain diamètre, plus de 10 *cm* par exemple, et cette interdiction existe déjà dans certains pays, Autriche, Italie et Allemagne.

Une seconde conséquence à tirer des faits qui ont été signalés est la nécessité de tenir solidement fermées les portes de foyers, de cendriers et de boîtes à fumée et même d'établir ces obturateurs de manière qu'une pression intérieure, telle qu'un refoulement de gaz ou de vapeur, tende à les fermer. Il est bon également de munir les fourneaux de trappes d'expansion de vapeur, ainsi qu'on conseille de le faire pour les chaudières à petits éléments, de manière à détourner la vapeur qui s'échappe de la chaudière à la suite de la rupture d'un tube.

Enfin, il est non moins important que les chaufferies soient larges, bien ventilées et munies d'issues faciles, suffisamment nombreuses et bien situées. Les graves conséquences de certains des accidents qui font l'objet de cette note sont dues à l'impossibilité où les chauffeurs ont été d'échapper à l'irruption de la vapeur. C'est aux extrémités des chambres de chauffe qu'il est surtout et absolument nécessaire de ménager des issues aisément praticables et judicieusement placées.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mai 1897.

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE.

Séance du 1er mai 1897.

Note de M. MAYENÇON sur la **recherche par la stérélectrolyse du phosphore dans les corps insolubles.**

L'auteur a indiqué précédemment la manière d'opérer cette recherche lorsque le phosphore est en dissolution saline, c'est-à-dire à l'état de phosphate, phosphite ou hypophosphite.

Pour procéder avec les corps insolubles, ceux-ci sont réduits en poudre ou au moins en petits fragments.

Dans un phosphate ou phosphure soumis à l'électrolyse, le phosphore se rend à l'anode à l'état d'acide phosphorique qui reste libre si l'anode est en platine ou donne un phosphate si elle est formée d'un bain de zinc ou d'argent.

On emploie comme réactifs : la liqueur molybdique, la liqueur magnésienne fortement ammoniacale ou l'azotate acide de bismuth.

On peut simplifier beaucoup les opérations en procédant comme suit : on met une petite quantité du composé phosphoré réduit en petits fragments dans un couvercle de creuset en platine et on le recouvre d'une quantité suffisante de liqueur molybdique, puis, par une spatule en platine servant de cathode, on fait passer le courant; presque immédiatement le liquide du couvercle jaunit et, en le recevant dans un tube, par le repos, un précipité de phosphomolybdate se dépose.

Programme de la **course géologique de l'École des Mines de Saint-Étienne** dans le Jura.

Cette course, qui aura lieu du 28 juin au 6 juillet, a pour objet l'examen géologique des différents plateaux du Jura et des plis qui les séparent, celui de la perte du Rhône et la visite des exploitations d'asphalte de Seyssel.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 22. — 29 *mai* 1897.

Influence de la division en compartiments étanches sur les conditions de navigabilité des grands paquebots, par F.-L. Mittendorf.

Concours pour la construction d'un pont-route fixe sur l'Elbe méridionale, à Harburg, par W.-O. Lack.

Emploi des moteurs électriques dans le nouveau palais du Reichstag, à Berlin, par Rud. Henne.

Groupe de Berlin. — Chauffage et ventilation de la nouvelle Chambre des députés, à Berlin.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Machine à vapeur surchauffée de Schmidt. — Emploi de la traction par câbles dans les mines de la Haute-Silésie.

Bibliographie. — Manuel de la fonderie de fer, par E.-F. Dürre. — Dynamos pour courants continus et alternatifs et transformateurs, par S. Kapp.

N° 23. — *5 juin 1897*.

Machines de l'industrie textile aux diverses Expositions de 1896, par E. Rohn.

Influence de la division en compartiments étanches sur les conditions de navigabilité des grands paquebots, par F. L. Mittendorf *(fin)*.

Machine à raboter et fraiser les longerons de locomotives de Collet et Engelhard à Offenbach-sur-le-Mein, par M. Fischer.

Écoles préparatoires à l'étude des sciences de l'Ingénieur, par Schumann.

Correspondance. — Machines à cisailler les fers profilés.

N° 24. — *12 juin 1897.*

Moteurs à gaz et à pétrole à l'Exposition nationale suisse de Genève et à l'Exposition industrielle de Berlin en 1896, par E. Meyer *(suite).*

Machines de l'industrie textile aux diverses Expositions de 1896, par S. Rohn *(suite).*

Avis de l'École technique supérieure de Carlsruhe sur les écoles réales supérieures, par R. Schöttler.

Groupe de Carlsruhe. — Distributeur système E. Wolff. — Patinage sur glace artificielle.

Variétés. — Association internationale pour les essais de résistance des matériaux.

N° 25. — *19 juin 1897.*

Moteurs à gaz et à pétrole à l'Exposition nationale suisse de Genève et à l'Exposition industrielle de Berlin en 1896, par E. Meyer *(fin).*

Entretiens sur la mécanique appliquée, par Holzmüller *(suite).*

Les constructeurs de machines et les mesures de protection contre les accidents, par K. Specht.

Groupe de Berlin. — L'industrie des ciments de Portland en Allemagne et en Angleterre.

Groupe de Cologne. — Les rayons Rœntgen. — Statistique des explosions de chaudières. — Expérience dynamométrique sur un ventilateur à hélice de Blakman.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Brasserie de Schultheiss.

Variétés. — Congrès international pour la défense de la propriété industrielle. — Exposition industrielle de Saxe et Thuringe, à Leipzig.

N° 26. — *26 juin 1897.*

Fête d'inauguration de l'hôtel de l'Association.

Les modifications de l'acier, par H. Fischer.

Recherches sur la résistance due au frottement dans les assemblages par rivets.

Entretiens sur la mécanique appliquée, par Holzmüller *(suite).*

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Recuit de parties trempées dans des pièces d'acier.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. MALLET.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1897

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1897

(Bulletins)

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

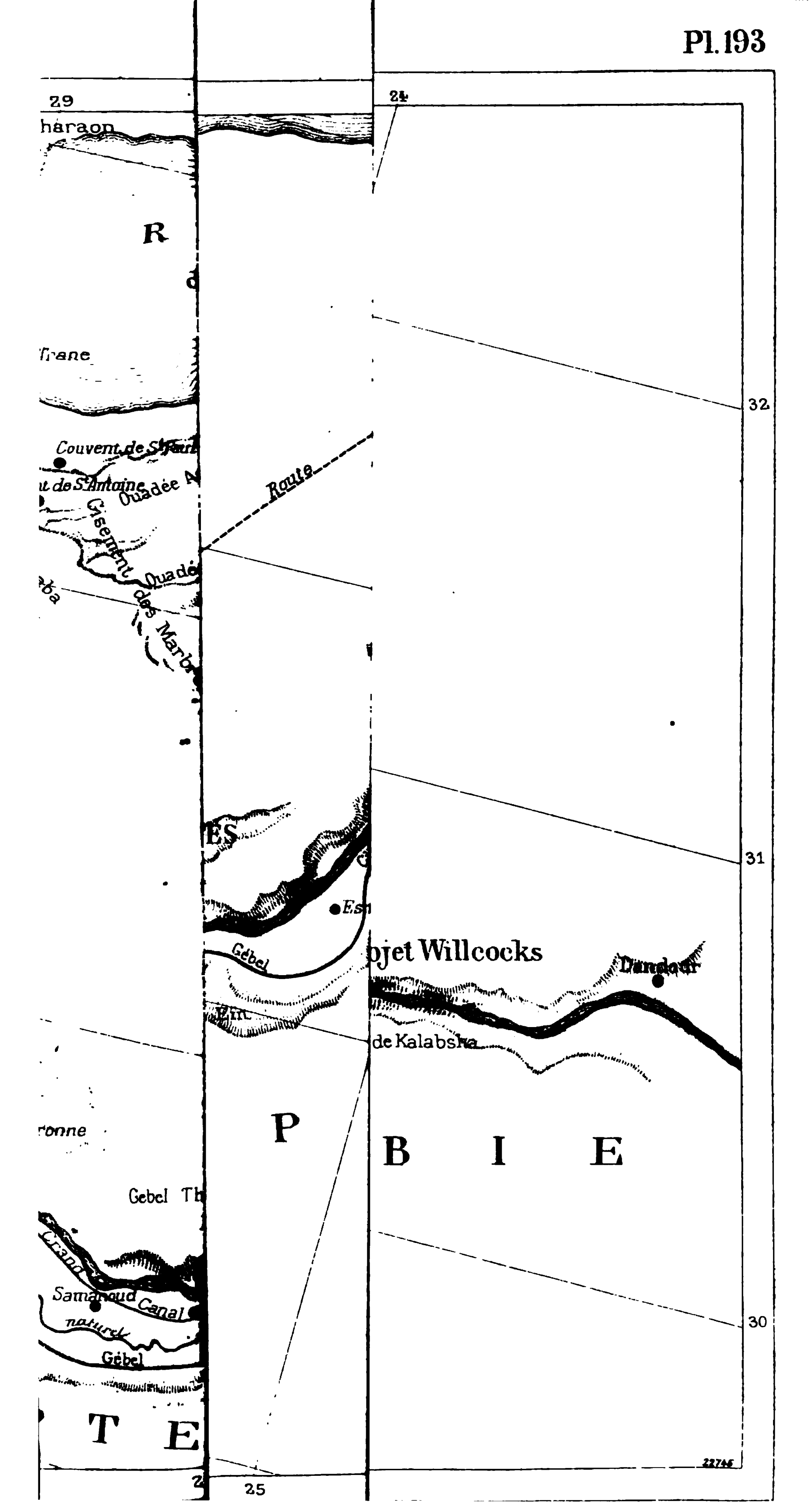
DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1897.

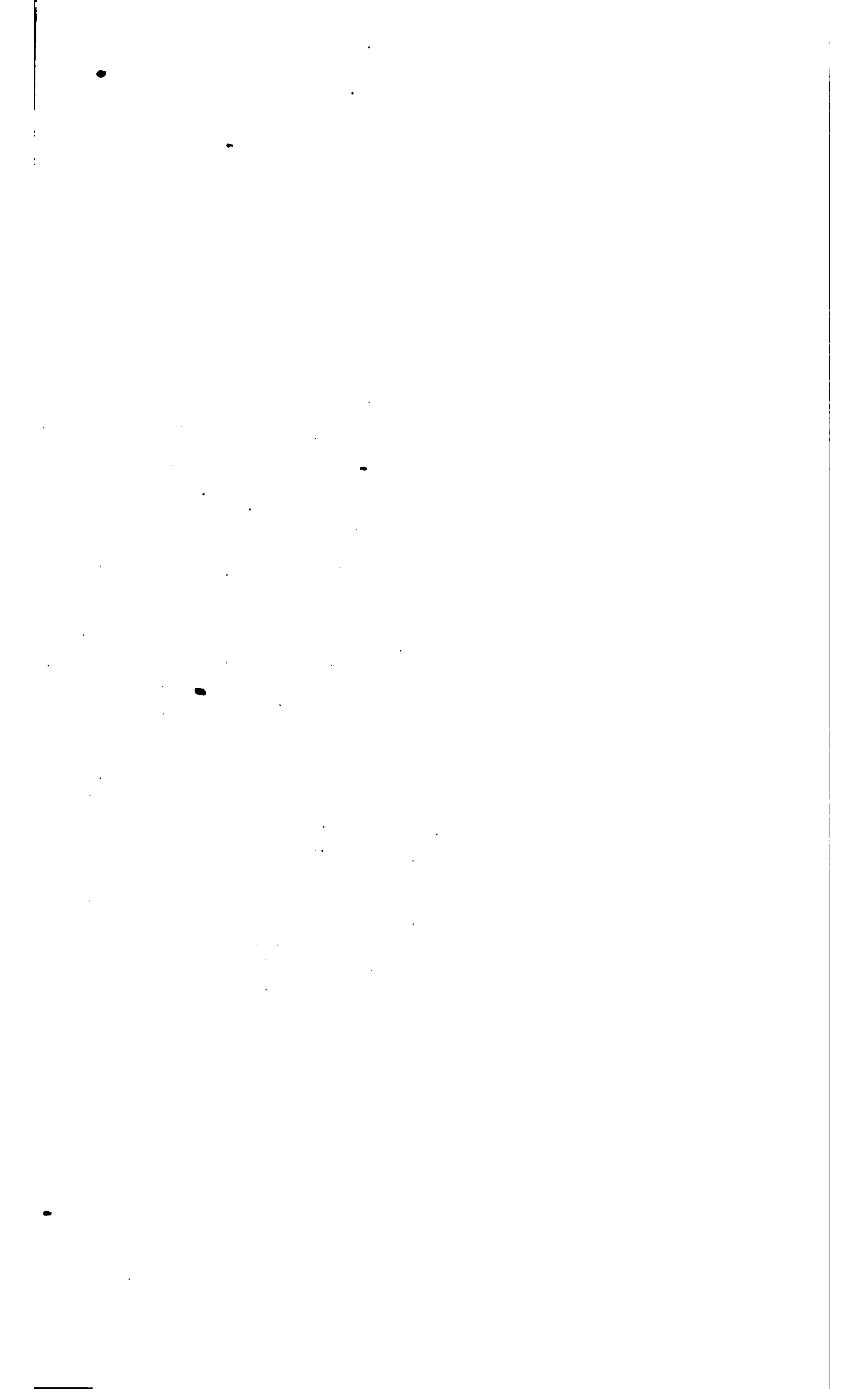
Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

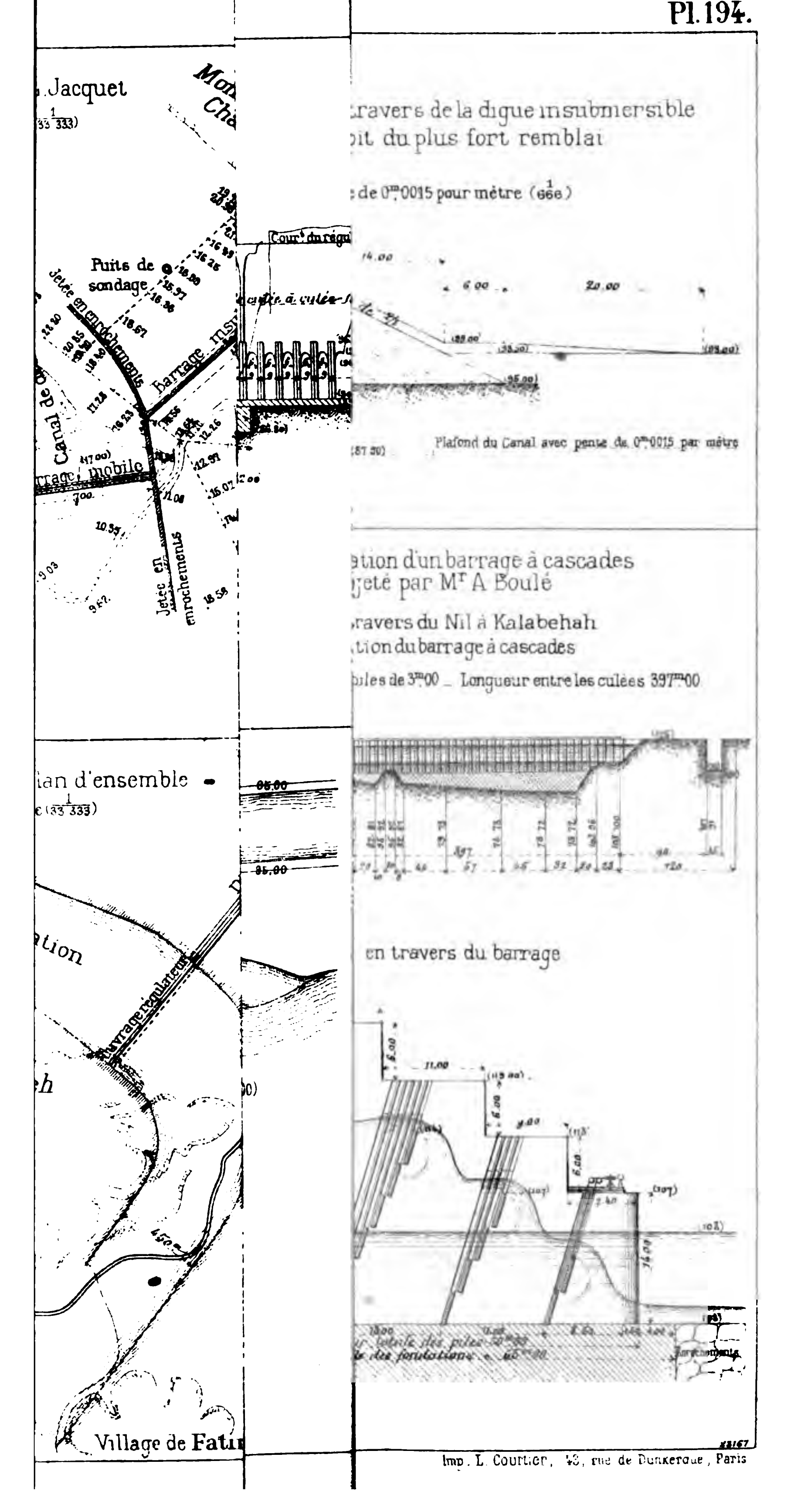
IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 13876-7-97. — (Encre Lorilleux).

Pl. 192

NUBIE INFÉRIEURE
2e Cataracte
Ouadi Halfa
Djeddah
R
ETAT DU CONGO
Villes
Echelle : 1/10 000 000
Sphère des intérêts Anglais
Sphère des intérêts Allemands
Equateur
Nziguch
Lac Ngita Nziguch
Ou Nyoro
Ouganda
Katonga
Nil Kiwira
Kavirondo
Massaï
CHEMIN DE FER PROJETÉ
Lac Victoria Nyanza
I. Kerevé
Lac Moutou Nzigueh ou Lac Albert-Edouard
Mt Fonpira
Koufro
Karagoueh
Kagera
Lac Ouemmi
Ouzindja
Kaghéye
Simeyou
Ou Nyamezy
Ou Rouande
Lac Tanganika
Mombassa
Ste de Zanzibar
M. DES INDES
Ouanga
Pemba


29
24
haraon
R
d
Trane
32
Couvent de S.t Paul
de S.t Antoine
Ouadée
Route
Gisement des Marbres
Ouadé
ES
31
Es
Gébel
jet Willcocks
Dandour
de Kalabsha
P
B I E
ronne
Gebel Th
Grand
Samanoud
Canal
naturel
Gébel
30
T E
25
22746





Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

